

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra Elektroenergetiky

Rekonstrukce rozvodného zařízení průmyslového objektu
Industrial object electro-distribution system reconstruction

2011

Bc. Petr Přehnal

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Petr Přehnal**
Studijní program: N2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika
Téma: **Rekonstrukce rozvodného zařízení průmyslového objektu.
Industrial object electro-distribution system reconstruction.**

Zásady pro vypracování:

Rozbor a popis stávajícího rozvodu objektu.
Návrh několika variant řešení komplexní nebo částečné rekonstrukce.
Vícekritériální zhodnocení navržených variant rekonstrukce.
Zjednodušená projektová dokumentace pro rekonstrukci.

Seznam doporučené odborné literatury:

Normy a předpisy z oblasti provozu a projekce el. zařízení nn.
Katalogy výrobců přístrojů a komponentů rozvodů nn pro průmyslové objekty.
Podle pokynů vedoucího diplomové práce.

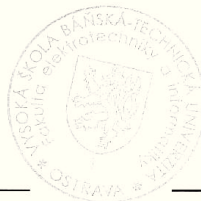
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Bernat, Ph.D.**

Datum zadání: 19.11.2010

Datum odevzdání: 06.05.2011

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Souhlasím se zveřejnění této diplomové práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v magisterských programech VŠB-TU Ostrava.

3. 5. 2011

Podpis:

Jiří Mahr

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Poděkování

Chci poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Bernatovi a Jiřímu Máhrovi a týmu jejich spolupracovníků za rady a připomínky, které mi pomohly k vytvoření této práce.

3. 5. 2011

Podpis:

Abstrakt a klíčová slova

Abstrakt: V dnešní době je kladen velký důraz na bezporuchový stav elektrického zařízení ve výrobních linkách. Výpadek elektrické energie, a tím přerušení výroby vlivem poruchy, může výrobcí způsobit nemalé finanční ztráty. Ve své diplomové práci se zabývám rekonstrukcí průmyslového objektu společnosti Honeywell Aerospace Olomouc s.r.o. se sídlem v Hlubočkách. Zhodnotím stávající stav elektroinstalace v tomto objektu. Po vyhodnocení stávajícího stavu elektrické instalace jsem navrhl dvě varianty částečné rekonstrukce pro transformovnu TR6 a výrobní halu DV1. Ze dvou variant byla vybrána jedna, pro kterou jsem vypracoval zjednodušenou projektovou dokumentaci.

Klíčová slova: elektroinstalace, přípojnice, kabel, jističe, pojistky, přípojnícový systém, rozváděče

Abstract: Today, emphasis is placed on the fault-free status of electrical equipment in production lines. Power failure and Tim disorders due to inteeptions in prodution, the manufacturer may cause considerable financial losses. My thesis drala with the reconstruction of an industrial building with Honeywell Aerospace Olomouc Inc. based in Hlubočky. I assessed the current state of wiring in this building. After evaluating the current state of the electrical installation, I suggested two options for the partial reconstruction of substations TR6 and faktory building DV1. Of the two options was chosen on efor which I developed a simplified project documentation.

Key words: elektrical, elektroval busbar, cable, budbar, fuse, budvar systém, switch boards

Seznam použitých značek

U	Napětí	(V)
I	Elektrický proud	(A)
R	Odpor materiálu	(Ω)
f	Frekvence	(Hz)
Sr	Jmenovitý výkon	(VA)
Ur	Jmenovité napětí	(V)
Po	Ztráty na prázdno	(W)
Pk	Ztráty na krátko	(W)
Qc	Kapacitní výkon	(Var)
Pi	Instalovaný výkon	(W)
Pp	Soudobý výkon	(W)

Obsah

ÚVOD	1
1 ROZBOR A POPIS STÁVAJÍCÍHO ROZVODU OBJEKTU	2
1.1 HISTORIE	2
1.2 POPIS STÁVAJÍCÍHO ROZVODU	2
1.2.1 Napájení objektu	2
1.2.2 Vstupní transformovna VS	3
1.2.3 Transformovna TR6	4
1.2.4 Rozvaděče pro napájení výrobní haly	6
1.2.5 Zhodnocení stávajícího stavu	8
2 ZÁSADY PRO PROJEKTOVÁNÍ PRŮMYSLOVÝCH ROZVODŮ ELEKTRICKÉ ENERGIE	9
2.1 UMÍSTĚNÍ TRANSFORMÁTORŮ A ROZVÁDĚČŮ NN	9
2.1.1 Vstupní a hlavní transformovna průmyslového závodu	9
2.1.2 Společné zásady pro všechny transformovny v průmyslovém rozvodu	9
2.1.3 Volba druhu transformátorů a rozvaděčů	9
2.1.4 Hlavní rozvaděče nn	10
2.1.5 Podružné rozvaděče	10
2.1.6 Způsoby uložení kabelového vedení	10
2.1.7 Postup při návrhu kabelových kanálů a jejich výzbroje	11
2.2 MODERNIZACE PRŮMYSLOVÉHO ROZVODU	11
2.2.1 Zásady modernizace	11
2.2.2 Rekonstrukce rozvodů změnou umístění transformátoru	12
2.2.3 Technologie projektu průmyslového závodu	12
2.3 ELEKTRICKÉ OCHRANY A JIŠTĚNÍ V PRŮMYSLOVÉM ROZVODU	13
2.3.1 Požadavky kladené na elektrické ochrany a jištění v průmyslu	14
2.3.2 Vypínací charakteristiky	15
2.3.3 Druhy jisticích přístrojů	18
2.3.4 Jištění vodičů jističi	20
2.3.5 Jištění ostatních spotřebičů	21
2.3.6 Umísťování jisticích prvků vedení	22
2.3.7 Uzemňování v rozvodu elektrické energie	23
2.3.8 Kompenzace jalového výkonu v průmyslu	23
3 NÁVRH NĚKOLIKA VARIANT ŘEŠENÍ KOMPLEXNÍ NEBO ČÁSTEČNÉ REKONS.	25
3.1 URČENÍ MÍSTA REKONSTRUKCE ELEKTRICKÉHO ZAŘÍZENÍ	25
3.2 VARIANTA A ČÁSTEČNÉ REKONSTRUKCE	25
3.2.1 Základní údaje projektovaného zařízení varianty A	25
3.2.2 Koncepce rozvaděčů	27
3.2.3 Kabelové rozvody	29
3.2.4 Přípojnicový systém	29
3.3 VARIANTA B ČÁSTEČNÉ REKONSTRUKCE	31
3.3.1 Základní údaje projektovaného zařízení B	31
3.3.2 Volba napájecích zdrojů	31
3.3.3 Vybavení rozvaděčů	33
3.3.4 Přípojnicový systém	33
4 VÍCEKRITERIÁRNÍ ZHODNOCENÍ NAVRŽENÝCH VARIANT REKONSTRUKCE	34
5 ZJEDNODUŠENÁ PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE PRO REKONSTRUKCI.	35
5.1 TECHNICKÁ ZPRÁVA	35
6 ZÁVĚR	45
7 PŘÍLOHY	47

Úvod

Kvalita a stálost dodávky elektrická energie je velmi nepostradatelnou součástí bezchybně fungujícího průmyslového zařízení. Ve své diplomové práci se budu zabývat rekonstrukcí průmyslového objektu společnosti Honeywell Aerospace Olomouc se sídlem v Hlubočkách. Tato společnost se zabývá výrobou dílců pro letecké motory. Zde je kladen velký důraz na přesnost obráběných výrobků a v druhé řadě na bezporuchový stav elektrické instalace.

V první části své diplomové práce popisuji současný stav elektrické instalace. V další části uvádím některé zásady pro projektování průmyslových rozvodů elektrické energie.

Ve čtvrté kapitole navrhuji buď částečnou nebo komplexní rekonstrukci rozvodů. Tyto navržené varianty spolu se stávajícím stavem budu konzultovat s provozovatelem rozvodů elektrické energie závodu MORA Aerospace a investorem. Budou jim vysvětleny klady i zápory současné, ale i nové elektroinstalace. Na základě rozhodnutí některé varianty vypracuji zjednodušenou projektovou dokumentaci.

1 Rozbor a popis stávajícího rozvodu objektu

1.1 Historie

Roku 1825 Josef Zwierzina zakládá továrnu v Mariánském Údolí jako železářny s vysokou pecí. O několik let později se továrna stává součástí vítkovických železáren, kam bylo dopravováno surové železo. 1861 I. Machánek koupil továrnu v Mariánském Údolí a zavedl zde výrobu zámečnického zboží a kamen. O devět let později byla továrna přeměněna na akciovou společnost Moravia. Hlavní činností byla výroba patentních kamen Meteor na tuhá paliva. Těchto kamen se prodalo přes 1.000.000 ks. S postupem doby se zde vyráběla plynová kamna a sporáky jak elektrické, tak i plynové. V roce 1951 vzniká závod pro letecký průmysl. Především zde byly vyráběny součástky pro MIG a L 29. V 70. letech 20. století byla postavena nová hala i s administrativní budovou určenou jen pro výrobu leteckých součástek.

1. ledna 2000 byla vytvořena sesterská společnost MORA AEROSPACE, a. s., která vznikla z bývalé letecké divize. Společnost Mora Aerospace a.s. byla v roce 2002 převzata firmou Honeywell zabývající se výrobou speciálních dílců leteckých motorů. V roce 2008 proběhla změna jména na Honeywell Aerospace Olomouc.

1.2 Popis stávajícího rozvodu

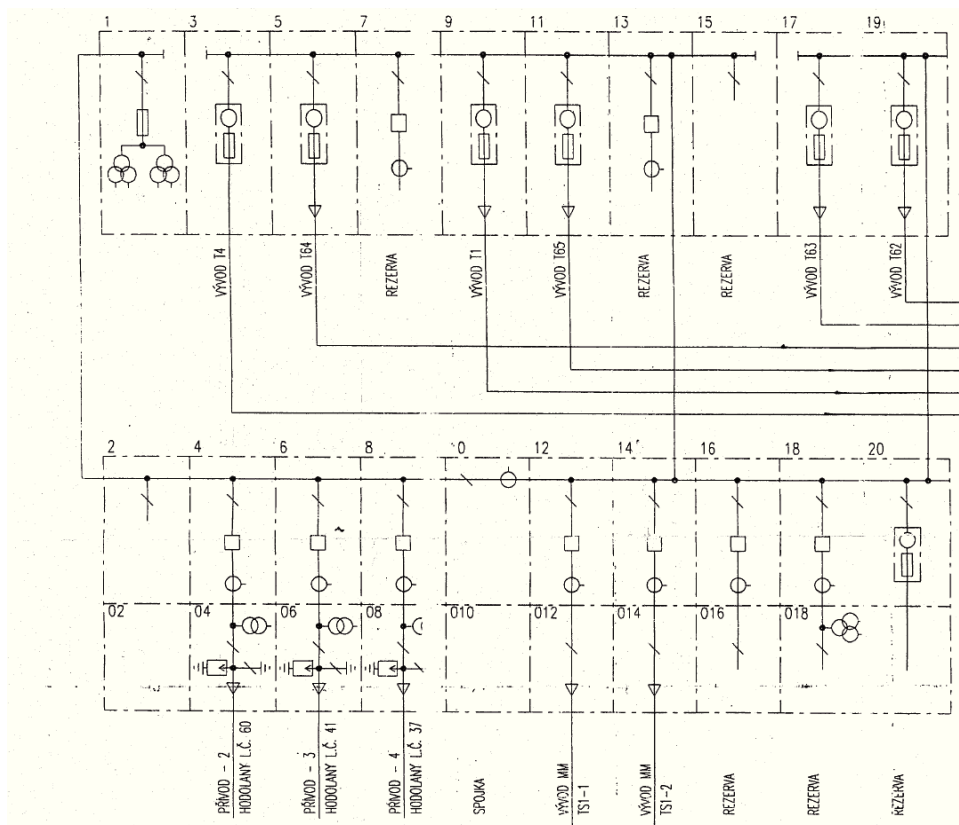
Společnost Honeywell Aerospace Olomouc se sídlem v Hlubočkách se zabývá výrobou dílců pro letecké motory. Objekt se skládá z administrativní budovy a dvou výrobních hal a skladů. Tento objekt byl vybudován v 70. letech 20. století. Většina elektroinstalace je původní, dělaná podle tehdejších norem ČSN. V současné době se o elektrické zařízení a jeho bezporuchový stav stará firma Siemens.

1.2.1 Napájení objektu

Celý objekt společnosti Honeywell Aerospace Olomouc spolu s Mora Moravia s.r.o. je napájen třemi venkovními vedeními 22kV z rozvodny Olomouc Hodolany. Hlavní napájecí vedení 22kV je linka č. 60 a dvěma záložními vedeními 22kV je linka č. 41 a linka č. 37. Tyto dvě záložní linky slouží k napájení objektu, kdyby náhodou došlo k poruše na hlavním napájecím vedením nebo byla na něm prováděna údržba. Vstupní transformovna VS je dvoupodlažní budova, která slouží pro napájení výrobní haly DV2 a pro napájení transformovny TS6, která napájí výrobní halu DV1. Vstupní transformovna napájí i areál Mory Moravia.

1.2.2 Vstupní transformovna VS

Vstupní transformovna obr. 1 je připojena na venkovní vedení pomocí kabelů 3x AXEKUCEY 1x 240mm². Tyto kabely jsou vedeny v zemi a jsou přivedeny do přízemí vstupní transformovny do kobek číslo 4, 6 a 8. Na vstupu každého přívodního vedení je připojena bleskojistka, která nám slouží k ochraně zařízení před přepětím a atmosférickými výboji, dále odpojovač vn zapojen paralelně, který je spojen se zemí. Dále je na vedení připojen měřicí transformátor napětí a měřicí transformátor proudu, následuje vypínač vn. Měřicí transformátor proudu a vypínač vn jsou umístěny v prvním poschodí vstupní transformovny. Tyto měřicí transformátory jsou připojeny k elektroměru ČEZ. Rozvody mezi jednotlivými kobkami jsou prováděny hliníkovými přípojnici. Pole 12 a 14 je vývod pro napájení Mora Moravia. Vstupní transformovna napájí výrobní halu DV 2. Od kobky 3 a 9 vybaveny odpínačem s pojistkou jsou odvody k transformátorům T1 a T4 ty jsou umístěny venku na jižní straně budovy. Tyto transformátory jsou olejové s převodem 22/0,4 kV, každý o výkonu 1MVA. Od sekundární strany transformátoru T1 a T4 jsou napájeny rozvaděče pro výrobní halu DV 2 a rozváděč pro veřejné osvětlení.



Obr. 1 Schéma vstupní transformovny

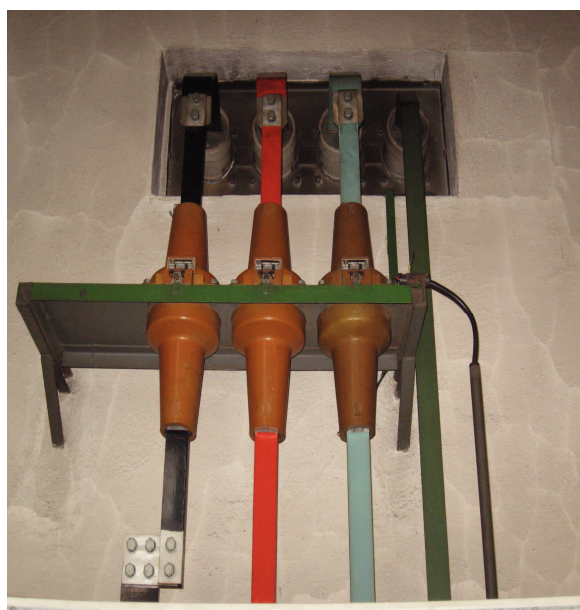
1.2.3 Transformovna TR6

Transformovna TR6 je napájena čtyřmi kabely (22- ANKTOYPV 3x 70 mm²) ze vstupní transformovny. Kabely jsou připojeny přímo na primární stranu transformátorů TG 2, TG 3, TG 4 a TG 5. Tato rozvodna slouží k napájení výrobní haly DV1 a administrativní budovy.



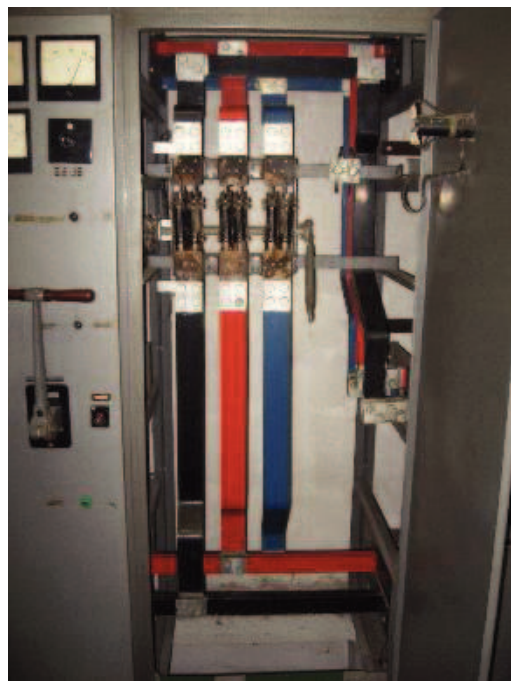
Obr. 2 Vnitřní prostory transformovny TR6

Čtyři olejové transformátory jsou umístěny na západní straně budovy každý o výkonu 1MVA s převodem 22/0.4 kV zapojeny do Dy1. Ze sekundární strany transformátorů je odvod na přípojnice do vnitřní části budovy. obr. 2



Obr.3 Měřicí transformátory napětí

Na těchto vývodech jsou sériově připojeny měřicí transformátory napětí obr. 3. Připojnice lze mezi sebou různě propojovat tzv. příčným spínáním obr.4 a to z toho důvodu, kdyby došlo k poruše na jednom transformátoru, tak jej můžeme připojit buď k druhému, nebo k záložnímu transformátoru.



Obr.4 Příčné spínání přípojnic

Od těchto přípojnic jsou napájeny už pak jednotlivé rozvaděče (pole) obr. 5, které jsou vybaveny odpínačem nn a pojistkami 600A a měřicími transformátory proudů.

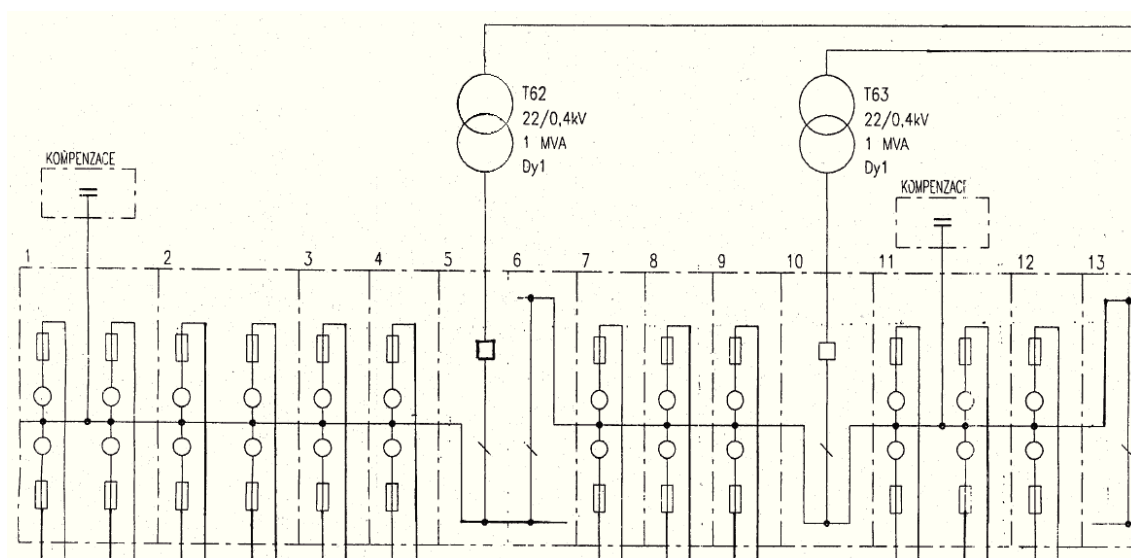


Obr. 5 Pole 3 v transformovně TR6

Ke každému trafu je připojen rozvaděč pro centrální kompenzaci se statickými kondenzátory obr. 6. Slouží k vykompenzování jalové složky proudů a výkonů. V rozvaděči je celkem 48 těchto statických kondenzátorů, každý o kapacitním výkonu 10kVAr .



Obr. 6 Statický kondenzátor



Obr. 7 Schéma jednotlivých polí v transformovně TR

1.2.4 Rozvaděče pro napájení výrobní haly

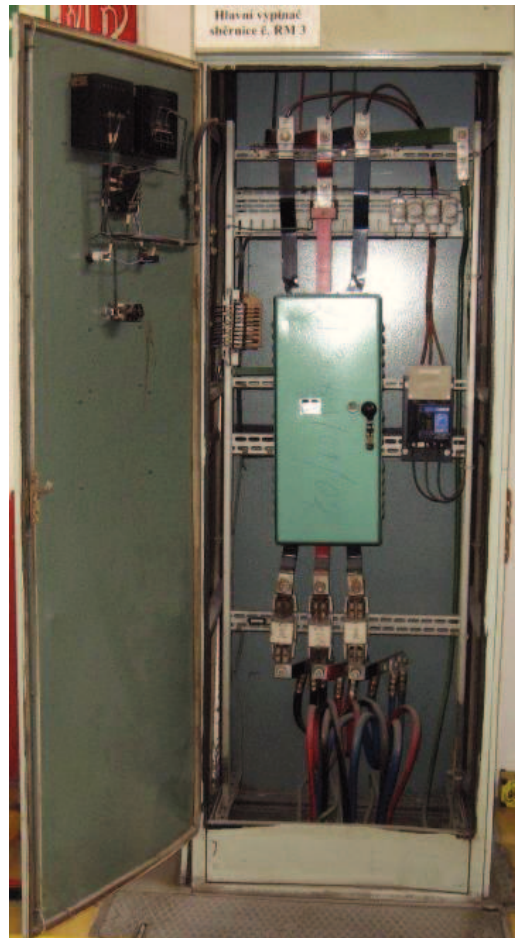
Halové rozvaděče obr. 8 jsou napájeny z transformovny TS6 z jednotlivých rozvaděčů tzv. pole obr. 7. Odvod z transformovny tvoří odpínač a 600A nožové pojistky. Od pojistek je napojen kabel AYKY

$3 \times 3 \times 240 \text{ mm}^2 + 120 \text{ mm}^2$. Tento kabel je tažen zemí do haly DV1 a pak dále po hale v kabelových kanálech k jednotlivým rozváděčům.



Obr.8 Rozvaděč RM3

Rozváděče jsou oceloplechové vybavené na vstupu 600A pojistkami, tyto pojistky jsou jak na odvodu z transformovny, tak i na přívodu v rozváděčích jednak kvůli jistě, ale také k viditelnému odpojení na straně, který tento rozváděč napájí. Po pojistkách je připojen deonový 600A jistič. V rozváděči jsou také měřicí transformátory napětí a proudu. Rozvaděč je vybaven tlačítkem central stopem pro okamžité vypnutí napájeného úseku tímto rozváděčem. Stav zapnuto je označen zelenou signálkou a vypnuto bílou signálkou. Od deonového jističe je napojená hliníková přípojnice, jednotlivé fáze L1, L2, L3 a ochranný vodič PEN o rozměrech 10x100 mm. Tento přípojnicový systém je zavěšen na nosné ocelové konstrukci střechy zhruba ve výšce 5 metrů nad zemí. Tato přípojnice je vedena napříč výrobní halou, z které jsou pak napájeny jednotlivé technologické celky pomocí kabelů.



Obr. 9 Vnitřní vybavení rozvaděče RM3

1.2.5 Zhodnocení stávajícího stavu

Jelikož od výstavby celého objektu nebyla prováděna žádná zásadní rekonstrukce elektrického zařízení, je už na něm patrné značné opotřebení, a to vede i k častějším poruchám na něm. Především to jsou spoje kabelů přípojníc a kontakty elektrických přístrojů, které jsou zoxidované, opálené či jinak poškozené, v některých případech jsou i nefunkční ochrany. Nečistota a mechanické opotřebení na těchto prvcích elektrického vedení vede ke zvýšení odporu a tím i jeho zahřívání, což je nežádoucí. Tato opotřebení se mohou projevit i na správné funkci elektrických ochran. Kvůli opotřebení jednotlivých prvků, by bylo vhodné provést rekonstrukci elektrického zařízení a nahradit stávající zařízení zařízením novým.

Přínos by byl v tom, že by se zmenšily ztráty na vedení, zvětšila by se bezpečnost elektrického zařízení a zmenšily by se i prostory, kde je elektrické zařízení umístěno, a to by se pak dalo využít k jiným účelům.

2 Zásady pro projektování průmyslových rozvodů elektrické energie

2.1 Umístění transformátorů a rozváděčů nn

2.1.1 Vstupní a hlavní transformovna průmyslového závodu

Malé průmyslové závody a podnikatelé napájení transformátory 2 x 1MVA mají pouze jednu transformovnu 22kV / nn.

Středně velké průmyslové závody s příkonem $2 \div 10$ MVA mají obvykle hlavní a vstupní transformovnu sloučenou 22 / 6kV, 6kV / nn.

Velké průmyslové závody s příkonem nad 10 MVA mají vstupní transformovnu umístěnou v nejvhodnějším místě pro připojení. Kromě této vstupní transformovny je ještě v závodě několik hlavních rozvodů, umístěných v provozovnách s největším odběrem elektrické energie. Podružné transformovny jsou umístěny co nejbližší spotřebičům. 110 / 22kV, 22 / 0,4kV.

V závodech s velkou plošnou rozlohou, kde jsou provozy od sebe ve velkých vzdálenostech, umísťujeme rozvodny do podružných transformoven. Podružné transformovny jsou připojeny na okružní nebo paprskový kabelový rozvod. Z podružných rozvodů může být buď paprskový rozvod, nebo mřížová průmyslová síť.

2.1.2 Společné zásady pro všechny transformovny v průmyslovém rozvodu

Transformovny budujeme co nejbližší k největší spotřebě elektřiny. Napětí vn přivádíme až do nejbližší vzdálenosti k elektrickým spotřebičům. Jsou-li přívody provedeny venkovním vedením, musíme dbát předpisové vzdálenosti od budov i pro výstavbu v budoucnu. Transformátorové komory se stavějí na severní straně objektu z důvodů řádné klimatizace prostoru dle ČSN 38 1753.

Příjezdové cesty k transformovnám mají být co nejméně nákladné.

U malých závodů bývá většinou pouze jedna transformovna vn/nn. Tu je výhodné umístit do středu největší spotřeby. Budování jediné trafostanice je omezeno přenosovou schopností kabelových rozvodů nn. Za limitní hodnotu se považuje přenos 70 000kW.m. Tj. 700kW na vzdálenost 100m nebo 350kW na 200m apod.

2.1.3 Volba druhu transformátorů a rozváděčů

Olejoyé transformátory při převodech 35, 22kV / nn musejí být umístěny mimo provoz závodu v oddělených trafokobkách.

Suché nebo bezolejové transformátory (Clophen, Sovtol) lze přímo umístit v provozovnách, ve vyšších poschodích nebo na střechách budov. Jedná se o transformaci 22kV / nn. Tím splníme ekonomickou zásadu přivést energii co nejbližší ke spotřebičům.

2.1.4 Hlavní rozváděče nn

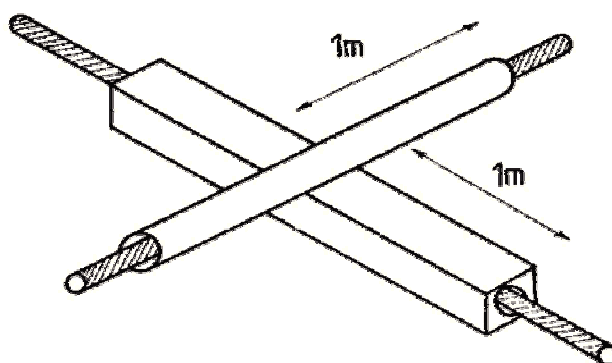
Každý transformátor má svůj hlavní rozváděč nn, který napájí příslušný úsek přípojníc. Nejrozšířenější jsou rozváděče panelové a skříňové. Je-li nutné, aby příslušný úsek přípojníc napájel větší transformátor nebo teplárenský turbogenerátor, pak je nutné použít rozváděč kobkový. Hlavní rozváděč nn umístíme v transformovnách. Návrh hlavních rozváděčů řešíme s minimální odlišností. Výzbroje jednotlivých odboček mají být výkonově stejné.

2.1.5 Podružné rozváděče

Jsou napájeny z hlavních rozváděčů a umístěny přímo v provozovnách, kde napájí jednotlivé větší stroje nebo motorové větve se skupinou strojů. V poschodových budovách bývají rozváděče etážové, které jsou umístěny u vchodu do poschodí. Zásadně musí mít každý etážový a podružný rozváděč hlavní vypínač výkonový, který umožní vypnutí výroby z provozu.

2.1.6 Způsoby uložení kabelového vedení

Kabelová vedení se ukládají do výkopů, kanálů a na kabelové mosty podle ČSN 33 2000-5-52. Při křížování elektrických kabelů nn a vn se kabely nn ukládají vždy nad kabely vn.



Obr. 10 Křížení elektrických kabelů

Při souběhu nebo křížování elektrických kabelů se slaboproudými kabely nn se ukládají vždy nad kabely vn obr. 10. Při souběhu nebo křížování elektrických kabelů se slaboproudými kabely platí minimální vzdálenost v průmětu křížení 30 cm.

Kabely je nutno chránit před mechanickým poškozením uložením do tvárnic nebo trub. Souběh elektrického kabelu s tepelným potrubím není dovolen (viz ČSN 33 2000-5-52), pokud nejde o průchozí energetický kanál.

Kladení kabelů do energokanáľů upřesňuje norma ČSN 38 2156. Používá se běžně u velkých průmyslových závodů. Podle provedení označujeme energokanály jako:

- A – Shora přístupné
- B – Průchozí umožňující průchod vzpřímené osobě
- C – průlezný

Kabelové kanály vyúsťují obvykle do prostorů pod rozvodnami vn, nn a dozornami.

2.1.7 Postup při návrhu kabelových kanálů a jejich výzbroje

- Určení typu kabelového kanálu podle počtu kabelů, určení výšky, šířky.
- Podle průměru kabelů se určí rozteč uložení na roštu.
- Stanovení potřebného množství materiálu na 1 m délky kanálu podle výzbroje.

Pro jednotlivé způsoby ukládání průmyslového a vnitřního rozvodu platí normy ČSN 33 2000-5-52, ČSN 34 1610.

V kapitolách 2.1 až 2.1.7 byla použita literatura [1].

2.2 Modernizace průmyslového rozvodu

2.2.1 Zásady modernizace

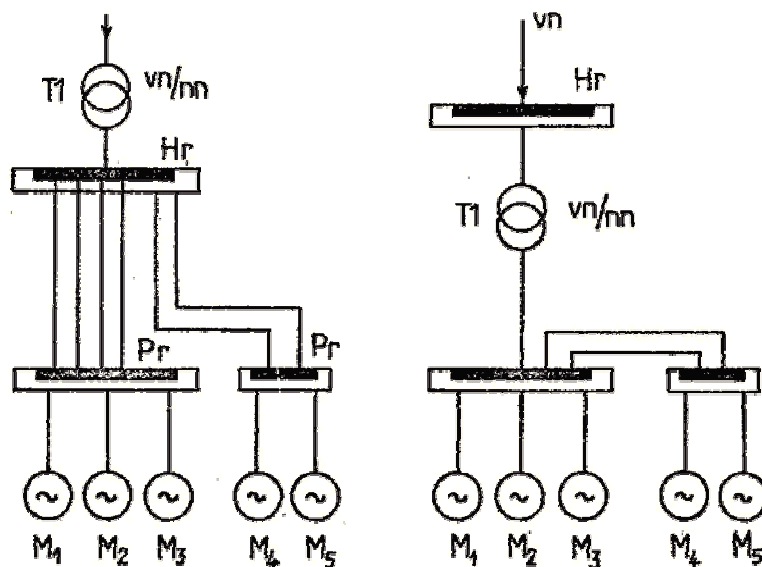
- Nahrazujeme zastaralá a málo bezpečná zařízení.
- Rozšiřujeme zařízení elektrického rozvodného systému na základě nových požadavků.

Nový projekt vypracováváme zásadně tak, jako by šlo v obou případech o novou stavbu. Ohledy na staré zařízení působí často nepříznivě na nově navrhovanou koncepci. Nejvyšších úspor hospodárnosti rozvodu dosáhneme zvýšením rozvodného napětí (snížení ztrát) a umístěním transformátoru do místa největšího odběru.

Hlavní požadavky kladené na moderní zařízení rozvodu vn:

- Zvýšení provozní spolehlivosti
- Prodloužení bez revizního chodu
- Automatizované nebo programové řízení
- Účelná miniaturizace rozměrů

2.2.2 Rekonstrukce rozvodů změnou umístění transformátoru



Obr. 11 Změna umístění transformátoru do místa spotřeby

Rozvod nadřazený systému nn se volí zpravidla 6kV. Ve větších závodech, kde zkratové výkony přesahují 400 MVA, volíme napětí 22kV (pro zkratový výkon do 600MVA) až do přenášeného výkonu 25 MVA na vzdálenost 3 km.

2.2.3 Technologie projektu průmyslového závodu

V průmyslovém závodě můžeme rozdělit elektrické zařízení takto:

- Transformovna vvn / vn , vn / vn
- Hlavní rozvodna vn
- Podružné spínací stanice vn
- Transformovna vn / nn
- Průmyslová měnárna (zvláštní zdroje energie)
- Napájecí rozvod vn a nn
- Provozní rozvod vn a nn
- Rozvod pro měření, kontrolu, signalizaci a ovládání
- Dozorna
- Výroba a rozvod stlačeného vzduchu
- Akumulátorovna

Rozsah jednotlivých uvedených souborů bývá uveden v technické zprávě projektu, která zdůvodňuje navržené elektrotechnické řešení (volbu napětí, bilance odběru a dodávky, zkratové poměry, volbu ochrany a jistění atd.).

V kapitolách 2.2 až 2.2.3 byla použita literatura [1].

2.3 Elektrické ochrany a jištění v průmyslovém rozvodu

Ochrana je zařízení, které kontroluje chod určité části energetického systému. Informace o stavu jednotlivých veličin chráněného objektu dostává zpravidla prostřednictvím přístrojových transformátorů proudu a napětí nebo elektronických převodníků

V provozu silnoprůdého elektrického rozvodu se mohou vyskytnout i takové stavy, které narušují bezpečnost provozu. Přitom může dojít k elektrickému, tepelnému i mechanickému ohrožení izolace vodičů i ostatních elektrických zařízení nebo dokonce k ohrožení bezpečnosti osob obsluhujících tato zařízení. Takové stavy jsou nežádoucí a nazýváme je poruchami.

V provozu elektrických zařízení mohou nastat následující poruchy:

- Přepětí mohou být atmosférická, způsobená přímým úderem blesku do vedení či do nekrytých částí elektrických zařízení, nebo způsobená indukcí při úderu blesku v blízkosti vodičů nebo jiných částí rozvodného zařízení. Dále mohou být přepětí provozní, způsobená spínacími pochody v obvodech s velkými indukčnostmi nebo kapacitami. Přepětí mohou mít za následek proražení izolace či nežádoucí přeskoky mezi živými částmi elektrických zařízení.
- Přetěžování neboli zatěžování vodičů či elektrických spotřebičů a zařízení proudem větším než je hodnota jmenovitého proudu. Přetěžování může být krátkodobé či dlouhodobé. Krátkodobé nebo přechodné přetěžování nemusí být nebezpečné, pokud při něm teplota vodičů či jiných částí silnoprůdého rozvodu nedosáhne nejvyšší dovolené provozní teploty odpovídající trvalému zatěžování jmenovitým proudem. Dlouhodobé přetěžování je nebezpečné téměř vždy, a proto je nežádoucí.
- Zkratů a zemní spojení mohou nastat v jedné, dvou či všech třech fázích a projevují se zvýšením zatěžovacího proudu v rozvodných zařízeních na několiknásobek jmenovité hodnoty. Současně dojde k poklesu napětí v takové míře, která je nepřímě úměrná elektrické vzdálenosti od místa zkratu. Při zkratech dochází ke zvýšenému tepelnému namáhání i namáhání dynamickými silami. Tato namáhání jsou způsobena značnými hodnotami zkratových proudů a mohou mít nepříznivé následky jak pro vodiče elektrického silnoprůdého rozvodu, tak i pro spotřebiče a ostatní rozvodná zařízení.
- Znečištění izolace vodičů a rozvodného zařízení se může projevit v takové míře, že zmenší hodnotu elektrické pevnosti na povrchu izolace. Zejména při větší vlhkosti prostředí se vytváří na povrchu znečištěných izolátorů, svorek a dalších silnoprůdých zařízení částečně vodivá vrstva, která může vést až k přeskokům po povrchu izolace. Po jediném či opakovaném přeskoku, se může místo přeskoku stát i trvale vodivým spojením, které se odstraní až dokonalým vyčištěním izolace. Následky této poruchy jsou pak obdobné jako u zkratů či zemních spojení. Projevuje se zhoršené chlazení.
- Náhodné poruchy (např. námraza, pád větví, stromů, apod.) mohou vzniknout buď selháním technického zařízení, nebo vlivem neočekávaných klimatických změn, eventuálně chybným zásahem člověka či zásahem zvířat u zařízení venkovního provedení.

Všechny uvedené druhy poruch se vyskytují v elektrickém silnoprůdém rozvodu nepravidelně, nahodile a nelze je zcela vyloučit, i když účinnými preventivními opatřeními lze jejich četnost snížit.

Dojde-li ovšem k poruše v rozvodném zařízení, pak je třeba co nejrychleji odpojit tuto část elektrického rozvodu od všech zdrojů elektrické energie, aby následky poruchy byly co nejmenší. K tomu slouží v elektrickém silnoprůdém rozvodu elektrické ochrany, které samočinně a ve velmi krátké době odpojí porušené místo, vodič, elektrický obvod či spotřebič od zdroje elektrické energie. Elektrické ochrany v silnoprůdém rozvodu nn do 500 V se nejčastěji nazývají jističí přístroje. Jsou to uměle vytvořená nejslabší místa v silnoprůdém rozvodu, která jsou dimenzovaná tak, aby se při přetěžování porušila dříve než všechna ostatní zařízení rozvodu a aby zároveň odpojila všechna zařízení, pro která by nadměrné zatěžování mohlo znamenat poškození či ohrožení jejich funkce.

2.3.1 Požadavky kladené na elektrické ochrany a jištění v průmyslu

- Rychlost působení ochran

Při poruchových jevech v elektroenergetických soustavách je nutné odpojit porušenou část sítě. Rychlým odpojením se zmenší rozsah poškození, zvětší se dynamická stability paralelní spolupráce synchronních strojů a zlepší se podmínky pro spolupráci s automatikou OZ.

Rychlost reakce nejrychlejších ochran je $0,02 \div 0,04$ s. K tomuto času musíme přičíst vypínací dobu výkonových vypínačů, která je $0,05 \div 0,06$ s. Součtem dostáváme vlastně celkovou dobu působení zkratového proudu.

$$T = T_o + T_v \quad 0,07 \div 0,1 \text{ s} \quad \text{Vz.1}$$

U některých ochran vyžadujeme, aby pro vypínání či signalizaci poruchového stavu byl okamžik vypnutí časově zpožděn. Pak hovoříme o tzv. záložní funkci ochrany při krátkodobých provozních přetíženích a méně nebezpečných poruchových stavech.

- Selektivita ochran

Selektivita je schopnost ochrany vybrat ze sítě právě poškozenou část a odepnout ji nejbližšími vypínači od sítě tak, aby pokud možno co největší část nepoškozené sítě zůstala v provozu.

Selektivita se dosahuje buď časovým odstupňováním působení ochran nebo vysíláním blokovacích impulsů těmi úseky, ve kterých nedošlo k poruše.

- Citlivost ochran

Je schopnost reagovat na poruchy vyskytující se pouze v chráněném úseku, na které je ochrana navržena. Veličina, při které ochrana reaguje, musí být nižší než hodnota poruchové veličiny.

Tak například nadproudová ochrana spíná při proudu I_o . V místě, kde bude nadproudová ochrana instalována, dosahuje zkratový proud hodnoty I_{ks} .

$$K_c = \frac{I_{ks}}{I_o} \quad \text{Vz.2}$$

Koeficient citlivosti se pohybuje v rozmezí 1,5 – 2. Menší hodnota než 1,5 se nedoporučuje s ohledem na bezpečné působení ochrany. Někdy se nadproudová ochrana kombinuje s podpětovým článkem, jelikož při zkratu dochází nejen ke zvýšení proudu, ale také k poklesu napětí. Na druhé straně přílišná

citlivost ochrany se rovněž nedoporučuje. Reléová ochrana musí být necitlivá k různým provozním stavům (kývání v síti, zapínání transformátorů, rozběh velkých motorů).

- Spolehlivost působení

Elektrické ochrany chrání důležitá a drahá zařízení, a také stabilní chod elektrizační soustavy. Proto je kladen důraz na jejich spolehlivost. Ochrany jsou dlouhou dobu v nečinnosti a působí pouze v případě poruchy. Proto je nutné jejich funkci periodicky kontrolovat. Spolehlivost ochran zvyšujeme jednoduchou konstrukcí a náhradou mechanických částí elektrickými a elektronickými prvky obvodů.

2.3.2 Vypínací charakteristiky

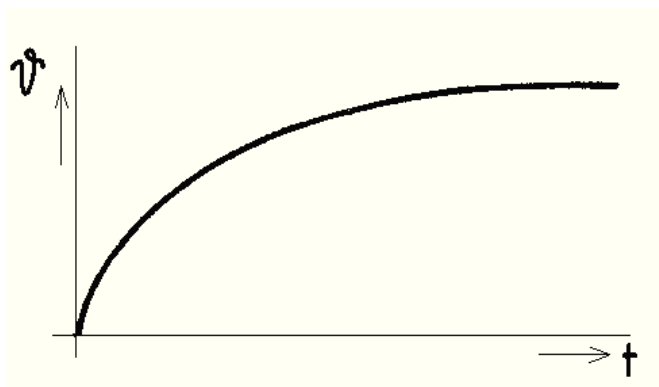
Při zatěžování elektrických obvodů prochází vodiči, rozvodným zařízeními a elektrickými spotřebiči určitý zatěžovací proud. Protože každý vodič i spotřebič má určitý činný odpor R , vznikají při průchodu proudu o velikosti I za dobu t Jouleovy ztráty, které se dají vyjádřit vztahem

$$Q_z = R \cdot I^2 \cdot t \quad (\text{W.s; } \Omega, \text{ A, s})$$

Vz.3

Tyto ztráty se projevují ohříváním vodičů i spotřebičů v silnoprůběžném rozvodu. Čím větší bude zatěžovací proud, tím větší bude i ohřátí vodičů nebo spotřebičů.

Kdybychom vyjádřili oteplení vodičů konstantním zatěžovacím proudem v závislosti na čase, získali bychom oteplovací křivku vodiče, která má exponenciální průběh podle obr. 12.



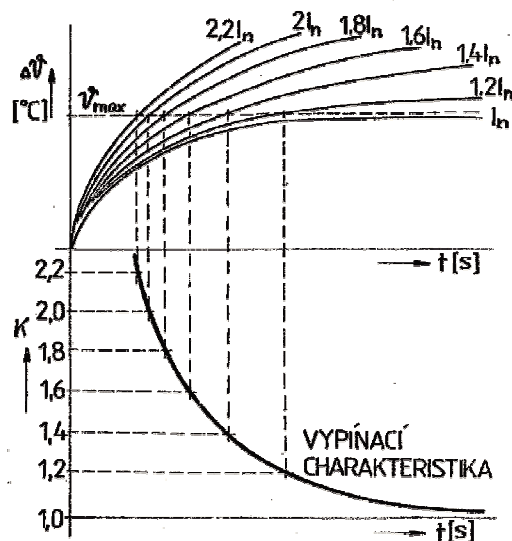
Obr. 12 Oteplovací křivka vodiče

Elektrická vedení a spotřebiče můžeme trvale zatěžovat nejvýše takovými proudy, které způsobí jejich oteplení na teplotu menší nebo nejvýše rovnou maximální dovolené teplotě. Takové zatěžovací proudy se označují jako proudy jmenovité.

Při zatěžování většími proudy než jsou proudy jmenovité, dochází k nadměrnému ohřátí vodičů nebo spotřebičů, což vede k nedovolenému nadměrnému namáhání izolace, k rychlejšímu stárnutí izolace a tím ke zkrácení doby života vodičů či spotřebičů. Aby k těmto nepříznivým jevům nedocházelo, používáme v rozvodu elektrické energie elektrické ochrany, které zajistí vypnutí obvodu v případě, že by se nadměrným proudem ohřály vodiče či spotřebiče nad hodnotu nejvyšší dovolené teploty.

V rozvodu nn do 500V tyto ochrany nazýváme jisticími přístroji.

Jistící přístroje jsou konstruovány tak, aby jejich vypínací časy odpovídaly velikosti proudu přetížení. Tuto závislost získáme konstrukcí tzv. vypínací charakteristiky obr. 13.



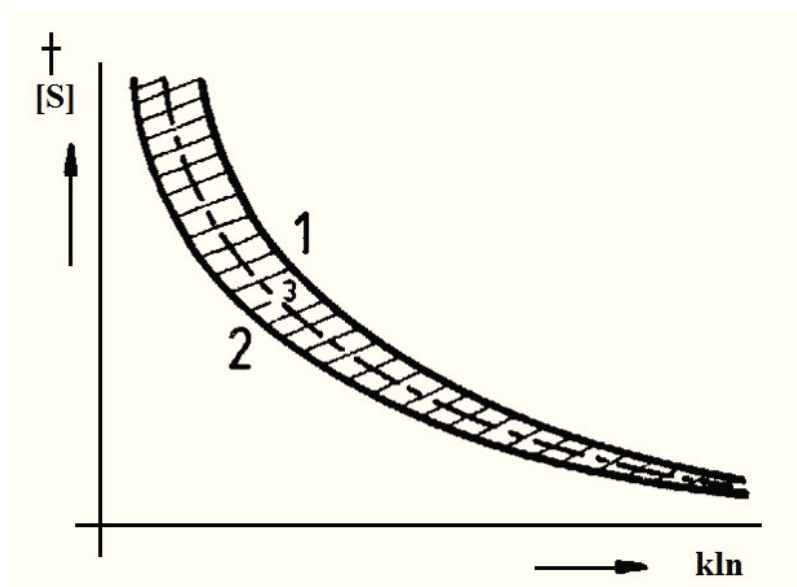
Obr. 13 Vypínací charakteristika jističe

Trvalým zatěžováním jmenovitým proudem I_n dosáhneme hodnotu nejvyšší dovolené teploty θ_{max} teoreticky za nekonečně dlouhou dobu. Bude-li zatěžovací proud větší než I_n , za určitou dobu dosáhneme ohřátí na teplotu θ_{max} . To je bod, který odpovídá vypínací charakteristice. Změnou velikosti proudu přetížení se změní i dosažení teploty θ_{max} a tuto závislost vyjadřuje i vypínací charakteristika ve spodní části obr. 13.

Vypínací charakteristika jištěného vodiče či spotřebiče je tedy taková křivka, která udává dobu dosažení maximální dovolené teploty θ_{max} při různě velikých nadproudech přetížení.

Z vypínací charakteristiky jištěného zařízení odvozujeme i vypínací charakteristiky jistících přístrojů. Charakteristika jistícího přístroje musí ležet pod charakteristikou jištěného zařízení, aby nedocházelo při zatěžování ke zvýšení teploty vodičů či spotřebičů nad θ_{max} . Čím více se blíží vypínací charakteristika jistícího přístroje vypínací charakteristice jištěného zařízení, tím je jištění dokonalejší.

Skutečné jistící přístroje mají vypínací charakteristiku s měřítkem času na svislé stupnici, aby nedošlo k mylné představě časového průběhu proudu. Na svislé vodorovné ose je pak vyneseno násobek jmenovitého proudu charakterizující přetížení. Dále bývají vypínací charakteristiky vyznačeny nikoli jedinou čarou, ale pásmem vypínání mezi dvěma křivkami 1 a 2, jak je to znázorněno na obr. 14.



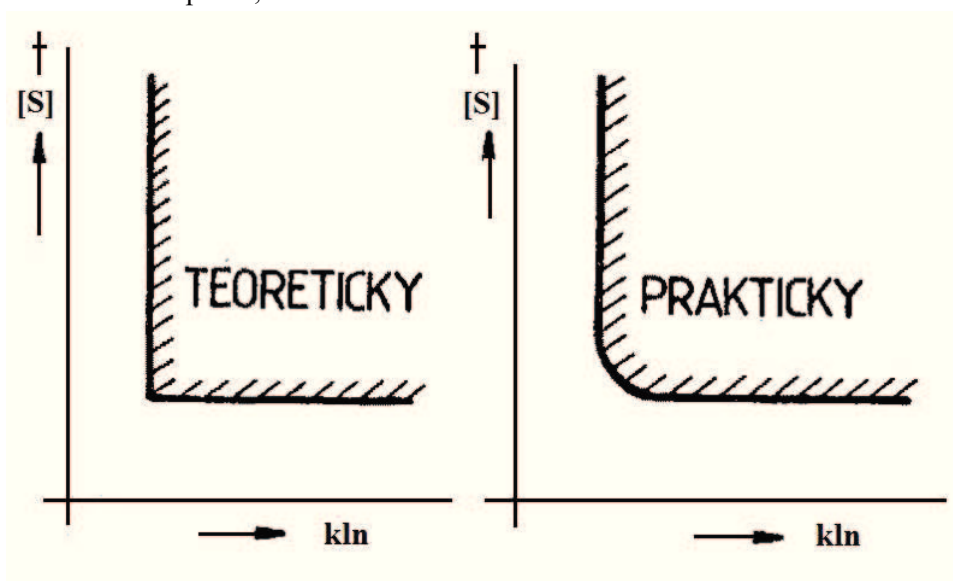
Obr. 14 Vypínací charakteristika nadproudové tepelné spouště

Pokud je vypínací charakteristika jistícího přístroje dána jedinou čarou, pak je tato čára střední hodnotou, okolo níž je pásmo vypínání jistícího přístroje.

Takto popsané vypínací charakteristiky jsou charakteristikami přístrojů, jistících proti přetížení vyjadřujících tzv. nadproudovou tepelnou spoušť časově závislou, která se někdy nazývá spouští zpožděnou.

Proti zkratu v rozvodu nn se používají jistící přístroje na principu elektromagnetickém, které mají vypínací charakteristiku časově nezávislou podle obr. 15.

Charakteristika časově nezávislá se vyznačuje tím, že po dosažení proudu o určité velikosti, jistící přístroj vypíná za stále stejnou dobu i při různě velikých nadproudech. Tato charakteristika pak vyjadřuje tzv. zkratovou spoušť, neboli časově nezávislou.



Obr. 15 Vypínací charakteristika zkratové spouště

Z uvedeného vyplývá, že vypínací charakteristiky jištěného zařízení jsou takové čáry, z nichž je možno odečíst dobu, po kterou zařízení snese určitý nadproud bez poškození. Čím více se blíží charakteristika jisticích přístrojů charakteristice jištěného zařízení, tím lepší a dokonalejší je jištění uvedeným jisticím přístrojem.

2.3.3 Druhy jisticích přístrojů

Nejdůležitějšími jisticími přístroji používanými v rozvodu nn do 500V nn, jsou pojistky, jističe a jisticí relé.

- **Pojistky**

Pojistky jsou nejstarší přístroje určené k ochraně před nadměrnými proudy. Jejich principem je slabý tavný drátek uložený v prostředí, které je schopno rychle uhasit elektrický oblouk vzniklý při roztavení pojistkového tavného drátku nadměrným proudem. Takovým prostředím je například jemný křemičitý písek, který zasype místo po odtaveném či odpařeném tavném drátku a tím uhasí oblouk.

Výhodou pojistek je jejich jednoduchost a spolehlivost, neboť k vlastnímu přerušení obvodu není třeba žádného mechanismu. Porušená pojistka nemůže způsobit žádnou další poruchu či ohrožení, neboť nevede elektrický proud a odpojuje obvod za pojistkou. Nevýhodou tavných pojistek je skutečnost, že po každém působení je nutno vyměnit pojistkovou patronu za novou. Pojistky se nesmí neodborně opravovat. Další nevýhodou tavných pojistek je možnost vypadnutí pojistky pouze v 1 fázi u trojfázového rozvodu, což může být nebezpečné pro některé trojfázové spotřebiče (motory).



Obr. 16 Nožová pojistka

- **Jištění vodičů pojistkami**

Chceme-li, aby pojistka jistila vodič proti nadproudům přetížení i zkratu, musí mít vodič dovolený zatěžovací proud podle vztahu:

$$I \geq \frac{I_{np}}{k_p} \quad (\text{A}; \text{A})$$

Vz.3

kde:

I_{\dots} je dovolený proud příslušného druhu vodiče uloženého

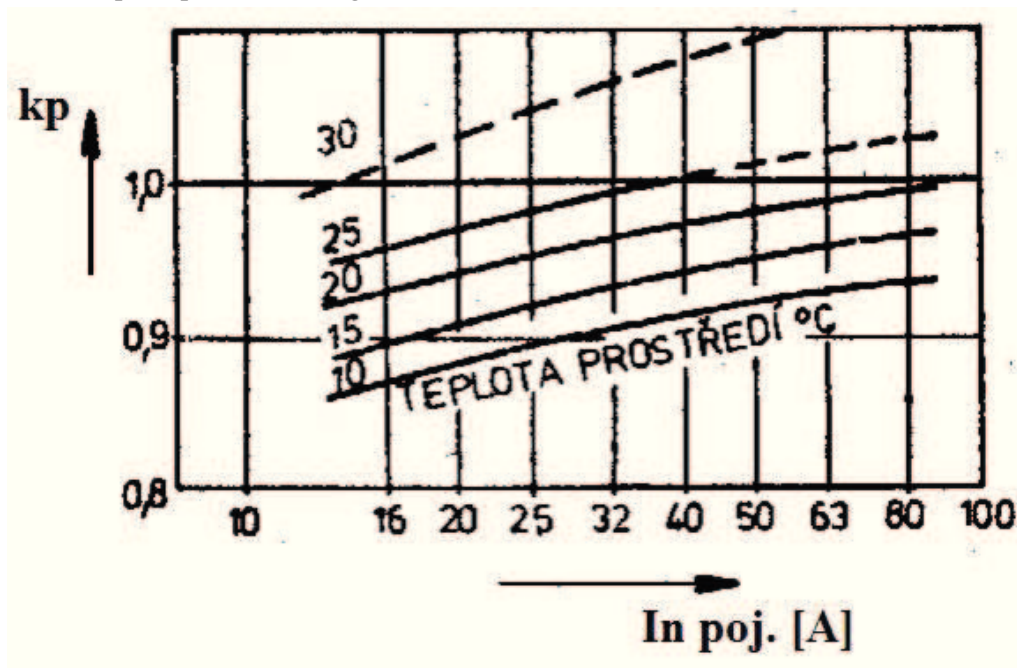
v prostředí o teplotě ϑ ($^{\circ}\text{C}$)

I_{np} ...je jmenovitý proud pojistky

k_p ...je součinitel přiřazení pojistky k vodiči, který je uložen

v prostředí s teplotou ϑ ($^{\circ}\text{C}$) $(0,7 \div 1,1)$

Hodnoty k_p jsou uvedeny pro vodiče a kabely s pryžovou nebo PVC izolací bez kovového pláště v závislosti na teplotě prostředí ϑ v grafu na obr. 17.



Obr. 17 Hodnoty k_p pro vodiče a kabely s PVC izolací závislé na teplotě

Pro správnou funkci pojistky je třeba, aby skutečné trvalé zatížení vodiče v provozu nebylo větší než je jmenovitý proud přiřazené pojistky. Účelem pojistky nn je jistit především vedení proti nadproudům přetížení či zkratům a teprve v druhé řadě může jistit i přístroje nebo spotřebiče na konci vedení.

Pojistka může jistit též dva nebo více paralelních vodičů. Potom součinitel přiřazení pojistky k_p ze vztahu 2 pro společnou pojistku nemá být větší než taková hodnoty k_p , která by příslušela pojistce pro chránění jednotlivého vodiče.

Pomalé pojistky se nehodí pro jištění vodičů proti přetížení. Proti zkratu však mohou jistit vodič dobře. Použití pojistek není vhodné ani tam, kde se jedná o jištění zařízení s přerušovaným nebo krátkodobým chodem či zatížením. V takovém případě je lépe použít jistič nebo jisticí relé. Nastavení jisticího přístroje musí být takové, aby se zabránilo překročení dovolené teploty vodiče.

V některých případech zaručují vlastnosti připojeného spotřebiče, že vodič nemůže být přetížen. Pak je možno použít pojistky, která jistí vodič pouze před zkratem. Taková pojistka je až o tři pojistkové stupně vyšší, než by odpovídalo pojistce jisticí proti přetížení. Přitom musí být splněny tyto podmínky:

Odpor úseku vedení za pojistkou nesmí nadměrně prodlužovat čas vypnutí pojistky. Při dokonalém zkratu na konci chráněného úseku vedení musí protékat alespoň desetinásobek jmenovitého proudu pojistky, jistící vodič pouze před zkratem.

- **Jističe**

Jističe jsou samočinné nadproudové vypínače určené k ochraně před přetížením či před zkraty. Funkci nadproudové tepelné spouště zajišťuje obvykle bimetalový pásek přímo nebo nepřímo ohříváný procházejícím zatěžovacím proudem. Zkratová spoušť jističe pracuje na principu elektromagnetu, který způsobí vypnutí po dosažení určité velikosti nadproudu.

Zkratová spoušť jističe musí být dimenzována tak, aby nevypínala při záběrovém proudu, například u motorů, který může být i několikanásobkem jmenovitého proudu.

Jističe vypínají proud při přirozeném průchodu proudu nulou. Může se tudíž plně vyvinout jeden nebo i několik kmitů zkratového proudu od okamžiku zkratu až do vypnutí jističe. Jističe tedy nemají omezovací schopnosti na rozdíl od výkonových pojistek.



Obr. 18 Výkonový jistič

2.3.4 Jištění vodičů jističi

Jestliže mají jističe (nebo i jistící relé stykačů) chránit vedení proti přetížení, přiřazují se k vodičům se součinitelem přiřazení rovným jedné, tedy podle vztahu

$$I = I_{nj} \quad (A; A) \quad \text{Vz.4}$$

kde:

I ...je dovolený proud příslušného druhu vodiče uloženého
v prostředí o teplotě ϑ (°C)

I_{nj} ...je nastavení jističe nebo jistícího relé stykačů

Přiřazení jističů k vodičům je obdobné jako přiřazení pojistek jenom s tím rozdílem, že jističe mají delší vypínací časy a je tedy nutno kontrolovat, aby se nepřekročila dovolená teplota vodiče za dobu než jistič vypne zkrat.

Jističe vedení - obdobně jako pojistky - jistí především vedení a teprve v druhé řadě mohou jistit stroje či spotřebiče na konci vedení.

Jističe mohou také jistit vodič pouze proti zkratu v případě, že vodič se nemůže přetížít, protože je na konci jištěn proti přetížení, nebo pokud vlastnosti spotřebiče na konci vodiče zaručují, že vodič nemůže být přetížen. V tom případě musí být dodrženy tyto podmínky:

- Odpor úseku vedení za jističem při dokonalém zkratu nesmí snížit velikost zkratového proudu na hodnotu menší než 1,25 - násobek nastaveného proudu zkratové spouště.
- Je nutno kontrolovat, zda teplota vodiče za dobu trvání zkratu nepřestoupí nejvyšší dovolenou teplotu vodiče při zkratu.

Motorové jističe a jistící nadproudová relé jistí především motory a spotřebiče podobného typu. S výhodou však jistí i jejich přívodní vedení proti přetížení, neboť při něm vypínají dříve než pojistky nebo jističe vedení a tím dovolují menší zvýšení teploty vodiče.

2.3.5 Jištění ostatních spotřebičů

Přístrojové transformátory vn je třeba někdy jistit na primární straně. K tomu se používá výkonových pojistek o dostatečném vypínacím výkonu a jmenovitém proudu obvykle 4A. Pojistky na sekundární straně těchto měřicích transformátorů napětí nesmí být vyšší než odpovídá největšímu výkonu přístrojových transformátorů. Je-li proud přístrojových transformátorů napětí určený z krajního výkonu menší než 6A, stačí pojistka nebo jistič vedení se jmenovitým proudem 4A. Je-li tento proud větší než 6A, nesmí být jmenovitý proud pojistky nebo jističe větší než 60% tohoto proudu.

Přístrojové transformátory nn (včetně 500V), je-li jejich krajní výkon menší než 400VA, se jistí na primární straně alespoň pojistkami nebo jističi vedení o dostatečném vypínacím výkonu v místě použití a jmenovitém proudu obvykle 2A. Na sekundární straně se obvykle nejistí.

Je-li krajní výkon přístrojových transformátorů napětí nn větší než 400VA, pak se na primární straně jistí pojistkami nebo jističi vedení o dostatečném vypínacím výkonu v místě použití a o jmenovitém proudu podle potřeby i větším než 2A. Na sekundární straně se jistí pojistkami, které nesmějí být větší, než odpovídá krajnímu výkonu. Je-li proud vypočtený z krajního výkonu menší než 6A, stačí pojistka 4A. Je-li tento proud větší než A, nesmí být jmenovitý proud pojistky větší než 60% tohoto proudu.

V případech, kdy jsou přístrojové transformátory napětí použity k napájení silových obvodů nebo ochrany, musí být jištěny na sekundární straně jističi (motorovými), jejichž spoušť proti přetížení nesmí být nastavena výše než odpovídá proudu stanovenému z krajní zátěže přístrojového transformátoru. Rozvodné přístroje (spínače, jističe, stykače apod.) musí odolávat jak dynamickému, tak tepelnému namáhání zkratovými proudy v místě, kde jsou vestavěny. Jsou-li určeny k vypínání zkratového proudu, musí mít vypínací proud větší než je rázový zkratový proud.

Nevyhovují-li tyto přístroje uvedeným podmínkám, je nutno jim předradit pojistku o dostatečně veliké zkratové odolnosti, která velikost zkratového proudu omezí, nebo která zkratový proud vypne dříve

než daný přístroj. Největší hodnoty zkratových proudů, které rozvodné přístroje snesou, musí udat výrobce (nebo alespoň velikost pojistky či jističe předřazeného rozvodnému přístroji).

Je třeba dbát zásady, že jistící přístroje musí vypínat tehdy, je-li jejich funkce nezbytně nutná, tedy nikoliv při záběrovém proudu motoru apod.

U takových spotřebičů, kde by v důsledku vypnutí jistícího přístroje mohlo dojít k ohrožení životů nebo k velkým národohospodářským ztrátám, se jistit nesmí, pouze se signalizuje nenormální stav či situace.

Všechny ostatní spotřebiče mají být jištěny alespoň proti zkratu pojistkami nebo jističi se zkratovými spouštěmi.

U odporových a indukčních tepelných spotřebičů se doporučuje volit pojistky se jmenovitým proudem o 15% vyšším, než je jmenovitý proud spotřebiče. Světelné zdroje se zvlášť nejistí, jistí se pouze jejich přírodní vedení.

2.3.6 Umísťování jistících prvků vedení

Při jištění vedení proti přetížení i zkratům, nebo pouze proti zkratům, musí být jistící prvky, tedy pojistky, jističe či nadproudová jistící relé ve všech fázových vodičích. Jistíme-li vedení pouze před přetížením a je-li zaručeno, že toto vedení nemůže být jednofázově přetíženo, může být jistících prvků o jeden méně než je fázových vodičů, tedy v trojfázové soustavě - pouze dva jistící prvky. Je-li zaručeno, že vedení se může zatížit nebo i přetížit pouze symetricky, pak může být jištění proti přetížení pouze v jedné fázi. V obou případech je však nutné, aby jistící prvky zaručily vypnutí ve všech fázových vodičích.

Jistící prvky chránící vedení proti přetížení či zkratu nebo pouze proti zkratu, mohou být umístěny také dále než na počátku vedení nebo dále než v místě odbočení. Část vedení až k místu jištění musí pak odolávat účinkům nadproudů. Například některé odbočky s menším průřezem se mohou jistit až 3 m od místa odbočení, je-li odbočka po celé délce oddělena od hořlavých či zápalných látek tak, aby při zkratu mezi vodiči či při zemním spojení nemohl vzniknout požár ani úraz. Průřez vodiče před jištěním až k místu odbočení musí být ovšem nejméně takový jak je za jištěním. Při odbočkách venkovního rozvodu a na rozvodu vně budov, dále v průmyslových provozovnách lze jistící prvky umístit až 10m za odbočení, je-li odbočka po celé délce oddělena od hořlavých či zápalných látek.

Jistící prvky chránící odbočku s menším průřezem před přetížením, mohou být umístěny i dále od místa odbočení než 10m, jestliže předřazená pojistka či jistič na začátku hlavního vedení jistí tuto odbočku před zkratem. Na venkovních sítích nn je možno jistit odbočky se zmenšeným průřezem buď v místě odbočení, nebo až na konci prvního rozpětí za místem odbočení. Odbočky od venkovního vedení, které nemají jištění v místě odbočení, mají být jištěny po vstupu do budovy, přičemž část vedení mezi vstupem a jištěním, musí být po celé délce oddělena od hořlavých či zápalných látek.

Spojovací vedení mezi akumulátory a příslušným rozváděčem se může jistit až na konci vedení v rozváděči za předpokladu, že rozváděč je umístěn v místnosti přiléhající k akumulátorovně a že spojovací vedení v této místnosti není delší než 10m. Toto vedení však musí vyhovět z hlediska namáhání vodičů dynamickými silami zkratových proudů a musí být uloženo tak, aby při zkratu nemohl vzniknout požár ani úraz. Jistící prvky na počátku vedení či v místě, kde se zmenšuje průřez vedení nebo kde se zmenšuje dovolené zatížení téhož průřezu, se mohou vynechat v případě, že

předřazený jističí prvek jistí i vedení s menším průřezem nebo přetížení dovolenou zatížitelností. Spojovací vedení nn mezi transformátorem a jeho jističem či pojistkou se zvlášť nejistí, jestliže:

- vedení je z holých pásů a vyhovuje tepelným a silovým účinkům zkratových proudů
- vedení je kabelové (i několik paralelních kabelů) v téže budově nebo do délky 30 m i mimo budovu nebo až do 60m při uložení v kabelovém kanálu.

Paralelní kabely nebo vodiče je možno jistit před nadproudem společnou pojistkou nebo jističem, jestliže jsou splněny tyto podmínky:

- Paralelní kabely nebo vodiče jsou uloženy na nehořlavém podkladě a odděleny od ostatních kabelů zvětšenou vzdáleností či nehořlavou přepážkou.
- Paralelní kabely nebo vodiče mají stejný průřez, stejnou délku a stejný materiál žíly.
- Celkový součtový průřez paralelních kabelů nebo vodičů, musí vyhovovat tepelným účinkům zkratových proudů za dobu, než jištění vypne zkrat.
- Paralelní vodiče uložené pod společným obložním, jsou-li téže fáze a stejně barevně označeny, mohou se chránit společnou pojistkou před nadproudy.

2.3.7 Uzemňování v rozvodu elektrické energie

Jedním z nejdůležitějších požadavků na provedení a provoz silnoproudých a rozvodných zařízení je požadavek bezpečnosti osob i věcí, které přicházejí do styku s jednotlivými částmi elektrického rozvodu. K zajištění bezpečnosti slouží kromě jiných opatření též dobré uzemnění některých částí rozvodu.

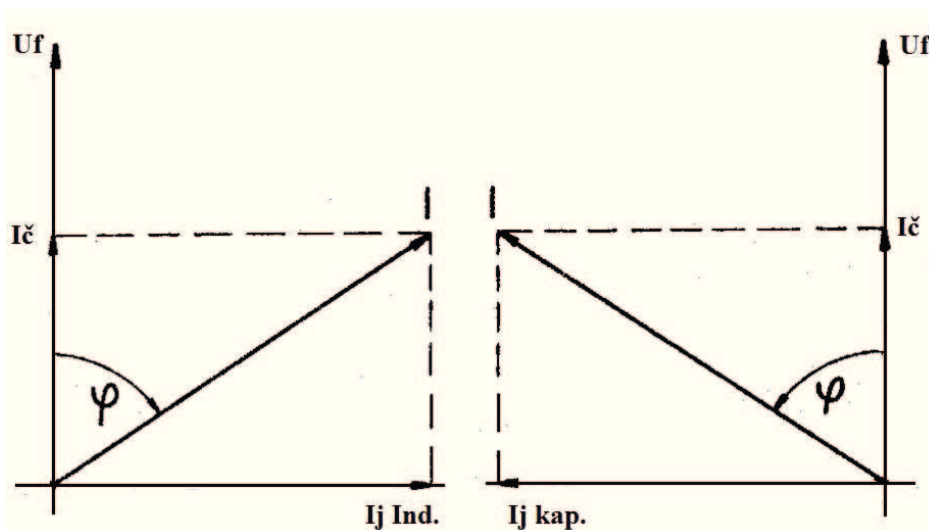
Uzemněním nazýváme vodivé spojení uzlu alternátoru či transformátoru nebo vodivých předmětů v blízkosti elektrického obvodu se zemí. Části uzemnění, které jsou uloženy v zemi a zajišťují vodivé spojení se zemí, se nazývají zemní elektrody neboli zemniče. Vodivé spojení mezi zemničem a místem, které se uzemňuje, nazýváme zemní svod. Přejchod mezi zemničem a zemí charakterizuje zemní odpor, což je poměr napětí zemniče (vzhledem k potenciálu země v dostatečné vzdálenosti od zemniče) k proudu odcházejícímu do země, neboli k zemnímu proudu. Soubor všech vodivě spojených zemničů, včetně jejich zemních svodů, nazýváme zemnicí soustavou.

2.3.8 Kompenzace jalového výkonu v průmyslu

V silnoproudém elektrickém rozvodu se setkáváme s různými druhy spotřebičů elektrické energie. Některé spotřebiče mají čistě činný charakter, jako například žárovky, odporová topidla, vařiče, sporáky a podobně. Jiné spotřebiče ke své práci potřebují magnetické pole a způsobují odklon fázoru proudu od napětí, takže odebírají ze sítě jalovou složku proudu induktivního charakteru. Jsou to například elektromotory, transformátory, svářečky, indukční pece a ostatní indukční spotřebiče. Třetí skupinu spotřebičů tvoří spotřebiče kapacitního charakteru, u kterých je fázor proudu posunut o $\pi/2$ před napětím. Takovými spotřebiči jsou například kondenzátory nebo dlouhá elektrická vedení.

V průmyslových provozech je obvykle větší množství spotřebičů induktivního charakteru, zejména elektromotorů. Induktivní složka proudu, která je zpožděná za napětím o $\pi/2$, nekoná činnou práci a zbytečně zatěžuje jak zdroje, tak i distribuční síť. Proto je třeba velikost této jalové složky proudu omezit či vykompenzovat.

Obrázek 19 ukazuje fázorový diagram napětí, proudu a fázového posuvu u induktivních i kapacitních spotřebičů.



Obr. 19 Fázorový diagram

Z obrázku je patrné, že jalová složka proudu induktivních spotřebičů je v protifázi s jalovou složkou proudu kapacitních spotřebičů. Z toho vyplývá, že vhodným řazením induktivních a kapacitních spotřebičů můžeme docílit takového stavu, kdy jalová složka proudu bude minimální nebo dokonce nulová. Tohoto poznatku využíváme při kompenzaci jalového proudu nebo výkonu.

- **Důsledky odběru výkonu se špatným účínkem**

Následkem špatného účínku je v elektrizační soustavě nutný přenos činného i jalového, tj. tzv. zdánlivého výkonu, který ve svém důsledku způsobuje:

- zvýšení nákladů na prvky elektrizační soustavy, tj. generátory, vedení, transformátory, elektrické rozvodny apod.
- zvýšení tepelných ztrát v ohmických odporech prvků rozvodné soustavy
- zvětšení úbytku napětí v síti
- zhoršení zkratových poměrů v síti způsobené zvýšením buzení generátorů

V případě výskytu harmonických je při stejném činném výkonu celkový zdánlivý výkon navýšen o distorzní výkon.

Činné výkony harmonických se podílejí na vytváření přídatných ztrát (Joulovým teplem, úměrné čtverci zdánlivého proudu), tj. zahřívání vedení, vlastních spotřebičů a způsobují úbytky na vedeních.

Nejzávažnějším problémem jsou ale ztráty na transformátorech a ostatních spotřebičích s magnetickým obvodem (motory), kde celkové ztráty v železe jsou úměrné součinu kvadrátu frekvence a kvadrátu proudu. Znamená to, že 1A páté harmonické způsobuje stejné ztráty vířivými proudy, jako 5A základní frekvence.

V kapitolách 2.3 až 2.3.9 byla použita literatura [1], [9].

3 Návrh několika variant řešení komplexní nebo částečné rekonstrukce

3.1 Určení místa rekonstrukce elektrického zařízení

Rekonstrukci elektrického zařízení celého průmyslového objektu nelze provést celkově naráz z důvodu, že by to bylo velmi nákladné pro zákazníka a dalším důvodem je, že se nesmí omezit výroba, nebo jen minimálně a to jen na krátkou dobu. Proto první část rekonstrukce elektrického zařízení se bude provádět pro výrobní halu DV1 spolu s transformovnou TS6.

3.2 Varianta A částečné rekonstrukce

Bude se jednat o vnitřní rekonstrukci transformovny TS6 veškerých rozvaděčů, které se v této transformovně nachází, tudíž budou zcela nahrazeny za nové oceloplechové, stávající budou demontovány. Transformátory TG2, TG3, TG4 a TG5 budou nahrazeny novými. Halové rozvaděče RM XX budou zrušeny pouze ty, které napájejí přípojnícový systém, jelikož veškeré vybavení původních rozvaděčů bude umístěno v transformovně TS6, ostatní rozvaděče, které napájejí jiné technologické celky, budou vyměněné za nové.

3.2.1 Základní údaje projektovaného zařízení varianty A

Pro napájení rekonstruované transformovny bude využit stávající přívodní kabel 22kV ANKTOYPV 3x70mm², který vede ze vstupní transformovny VS a bude připojen na primární stranu transformátoru TS6. Původní 4 distribuční olejové transformátory TG2, TG3, TG4 a TG5 každý o výkonu 1000 kVA s převodem 22/0,4kV budou nahrazeny 4 novými distribučními olejovými transformátory MPTO se sníženými ztrátami každý o výkonu 1000kVA. Transformátory budou umístěny jednotlivě v trafokokách na západní straně TS6.

Napěťová soustava zde bude použita 3 PEN, 50 Hz AC, 230/400V, TN-C a 3 PEN 50 Hz AC, 230/400V, TN-C-S.

Tab. 1 Technické parametry traťa

Technické parametry traťa MPTO 22/0,4		
Jmenovitý výkon	Sr [kVA]	1000
Jmenovité napětí	Ur [KV]	22/0.42
Zapojení		Dyn1
Ztráty	Po [W]	1700
	Pk [W]	10500
Napětí nakrátko	uk [%]	6
Rozměry	délka [mm]	1760
	šířka [mm]	1090
	výška [mm]	1815
Hmotnost	[kg]	580



Obr. 20 Olejový transformátor

Kompenzace jalového výkonu:

Každý transformátorový vývod TG2, TG3, TG4, TG5 bude připojen pomocí přípojníc na rozváděče HR1, HR2, HR3, HR4. Tento každý rozváděč bude mít svoji centrální kompenzaci jalového výkonu. V trafostanici bude umístěn rozváděč pro osvětlení a zásuvky a rozváděč pro nouzové osvětlení.

3.2.2 Koncepce rozvaděčů

V celém rekonstruovaném objektu budou použity oceloplechové rozváděče. V transformovně TR6 bude použit rozváděčový systém SIVACON 8PV od firmy Siemens. Výhodou těchto rozváděčových systémů je:

- Integrovaná bezpečnost
Bezpečnost a vysoká kvalita díky typovým zkouškám, zkouškám na odolnost proti oblouku a seismická odolnost
- Vysoká variabilita a flexibilita
Možnost výměny funkční jednotky bez nutnosti odpojení napájení
- Bezproblémové připojení na přípojnici rozvod díky typově testovaným připojovacím sadám,



Obr. 21 Rozváděč

Vlastnosti:

- 3- a 4- pólový sběrníkový systém do 6300A,
- Separace vnitřních prostor až do třídy 4b,
- Provedení pevné, násuvné a plně výsuvné,
- Max. zkratový proud $I_{pk} < 250\text{kA}$,
- Typově testovaný rozvaděč (TTA),
- Testovací a odpojená poloha při zavřených dveřích,
- Pevná a stabilní konstrukce,
- Možnost komunikace díky SIMOCODE pro.

Rozváděče budou osazeny mimo požárně únikovou cestu. Všechny hlavní rozváděče HR budou vybaveny 1 stupněm přepětíové ochrany. Hlavní jistič obr. 22 bude vzduchový jistič 3 pólový IZM20-A 1600A se spouští pro ochranu obvodů s vypínací schopností I_{cu} : 65kA (440V 50/60Hz) od firmy Moeller.



Obr. 22 Tří pólový jistič IZM20-A

Jednotlivé vývody z hlavního rozvaděče HR k přípojnicovým 630A trasám budou jištěny vzduchovými 3 pólovými jističi IZMX 16 630A se spouští pro ochranu obvodů s vypínací schopností I_{cu} : 65kA (440 V 50/60 Hz) od firmy Moeller. Ostatní vývody z hlavního rozvaděče HR k jednotlivým technologickým rozváděčům budou jištěny 3 pólovými jističi NZMN2-A200 se spouští pro ochranu obvodů a kabelů s vypínací schopností I_{cu} : 50kA.



Obr. 23 Tří pólový jistič IZMX 16

Pro ostatní jištění budou použity kompaktní jističe nn Easy pact od firmy Schneider Electric obr. 24. Jističe typového označení EZ C100H. Tyto jističe jsou 3 pólové s jmenovitými proudy I_n 16,20,25,32,40,50,63,80 a 100A.



Obr. 24 Kompaktní jistič nn Easy pact

V rozváděči budou ponechány i rezervy pro další možnost připojení různých zařízení.

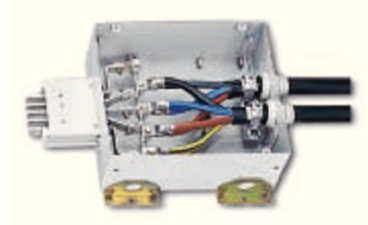
V rozváděč budou umístěny i měřicí transformátory proudu s měřícím modulem PM 810.

3.2.3 Kabelové rozvody

Z hlavních rozvaděčů HR 1, HR 2, HR 3, HR 4 budou napájeny jednotlivé technologické rozvaděče a přípojnice pomocí kabelu CYKY. Kabely mezi transformovnou TR6 a výrobní halou budou uloženy do výkopu, následně v hale DV1 budou vedeny v kabelových kanálech k technologickým zařízením. Pro způsoby uložení kabelů průmyslového a vnitřního rozvodu platí normy ČSN 33 2000-5-52, 341610.

3.2.4 Přípojnicový systém

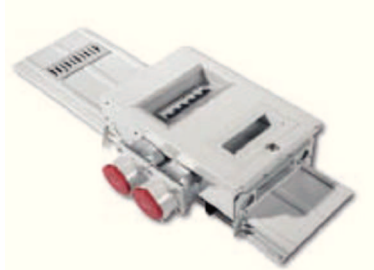
Pro rozvod elektrické energie po výrobní hale DV 1 bude využit přípojnicový systém Sivacon 8PS typ BD2 630A od firmy Siemens. Jedná se o pěti vodičový systém L1, L2, L3, N, PE. Bude použito 10 podélných napájecích tras, které povedou souběžně s vazníky střechy cca 7,5 metrů nad zemí. Každá z těchto přípojnicových tras bude napájena z transformovny TR 6 z hlavních rozvaděčů HR pomocí kabelu 3 x CYKY (5x120). Tyto kabely budou připojeny na halové rozvaděče RM, kde budou jištěny.



Obr. 25 Připojovací skříňka přípojnice

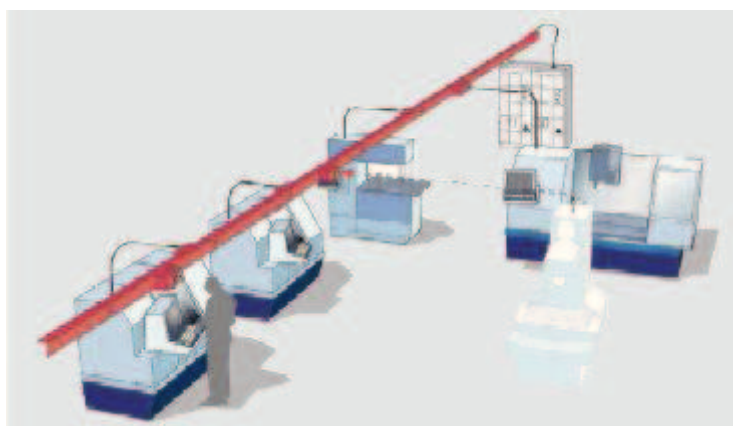
Z rozvaděčů budou připojeny přímé díly trasy přípojnice. S těchto tras budou připojeny pomocí vývodových skříněk jednotlivá technologická zařízení. Z vývodových skříněk bude pak pomocí

kabelu připojena jednotlivá technologická zařízení. Přesné rozmístění přípojných skříněk je individuální z rozmístění technologických zařízení v úseku přípojnice.



Obr. 26 Přímý přípojovací díl přípojnice s vývodovou skříňkou.

Na obr. 27 vidíme možnost napájení pomocí přípojníc jednotlivá technologická zařízení.



Obr. 27 Napájení zařízení pomocí přípojníc

V kapitolách 3.2.1 až 3.2.4 byla použita literatura [3], [4], [7], [8].

3.3 Varianta B částečné rekonstrukce

V průmyslových rozvodech je snaha budovat transformovny co nejbližší k největší spotřebě elektrické energie, aby se dosáhlo co nejmenších ztrát. Současná trafostanice TS6 je vzdálená od výrobní haly DV1 zhruba 50 metrů. Nový návrh rekonstrukce bude vycházet z toho, že se umístí transformátory přímo do výrobní haly DV1. Bude zapotřebí najít vhodné místo, kde bude tato trafostanice a rozvodna nn umístěna. Buď se využije nějaká stávající místnost ve výrobní hale DV1 o minimální rozloze 65 m² nebo se přistaví nová místnost v těsné blízkosti výrobní haly DV1.

3.3.1 Základní údaje projektovaného zařízení B

Varianta B řeší návrh nové transformovny spolu s rozvodnou nn a přípojnícového rozvodu ve výrobní hale DV1 závodu MORA Aerospace.

Nová rozvodna bude umístěna tedy co nejbližší k výrobní hale. V jedné místnosti budou umístěny dva suché transformátory T1 a T2 s litou izolací každý o výkonu 2000kVA spolu s hlavními rozvaděči nn RH1 a RH2.

Z hlavních rozváděčů RH1 a RH2 budou připojeny přímo dva páteří přípojnícové systémy 3000A a z těch pak budou napájeny podružné přípojnícové trasy 630A.

Z těchto hlavních rozváděčů budou i napájeny rozváděče různých technologických celků, které nejsou napájeny z přípojnícových systémů.

3.3.2 Volba napájecích zdrojů

Pro napájení výrobní haly DV1 bude po vybudování nová transformovna s rozvodnou nn .

K napájení této výrobní haly bude využito dvou suchých transformátorů každý o výkonu 2000 kVA s převodem 22 / 0,4 kV. Transformátory jsou vybaveny teplotními čidly. Transformátory budou napájeny ze vstupní transformovny VS kabelem 3x AXEKVCEY. Tyto kabely budou připojeny na odpojovač vn a vypínač vn .Kabely budou uloženy v zemi.



Obr. 33 Transformátor suchý zaléváný v pryskyřici MPTCR

Tab. 2 Technické parametry traťového transformátoru MPTCRL

Technické parametry traťového transformátoru MPTCRL 22/0,4		
Jmenovitý výkon	Sr [kVA]	2000
Jmenovité napětí	Ur [KV]	22/0.42
Zapojení		Dyn1
Ztráty	Po [W]	3080
	Pk [W]	16200
Napětí nakrátko	uk [%]	6
Rozměry	délka [mm]	2100
	šířka [mm]	1250
	výška [mm]	2300
Hmotnost	[kg]	3820

Transformátory budou umístěny v oceloplechových skříních se stupněm krytí IP 31 obr. 34. Vývody na straně vysokého i nízkého napětí jsou provedeny horem. Transformátor se přímo propojí sběrnicemi do hlavního rozváděče nízkého napětí. Sběrnice budou měděné o rozměrech 100 x 10 mm.



Obr. 34 Oceloplechová skříň transformátoru

3.3.3 Vybavení rozváděčů

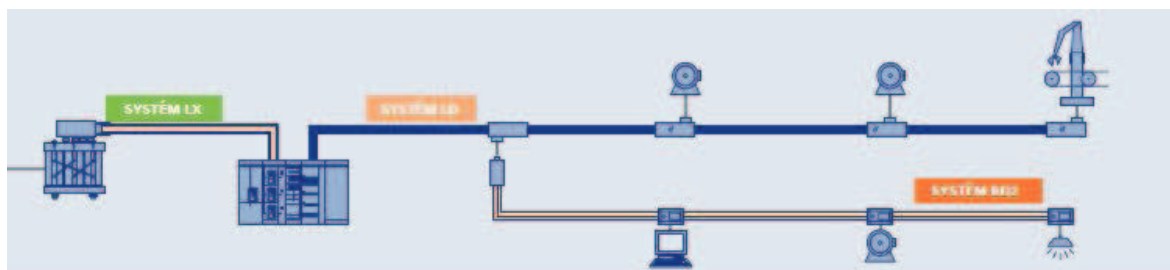
V rozvodné nn budou použity velkoprostorové skříňové rozváděče obr. 35. Hlavní rozváděč HR bude napájen přímo sběrnicemi z transformátoru. Hlavní rozváděč se bude skládat s několika polí. Pole rozváděče budou napájeny s hlavního rozváděče pomocí sběrnice. Hlavní jistič bude vzduchový jistič 3 pólový IZMN32B3-A32F 3200A se spouští pro ochranu obvodů s vypínací schopností Icu: 65kA (440V 50/60Hz) od firmy Moeller tento jistič bude mít motorový pohon. Hlavní rozváděč bude vybaven centrální kompenzací, kontrolním měřením, ochranou před přepětím, ovládáním pro vypínání vypínače vn, hlavním jističem pro přípojnícový systém vzduchový jistič 3 pólový IZMN32B3-A32F 3200A a jističi pro ostatní vývody k jednotlivým technologickým celkům.



Obr. 35 Skříňový rozváděč

3.3.4 Přípojnícový systém

Z rozvodny nn, bude přímo připojen z hlavních rozváděčů RH1 a RH2 jednotlivý páteřní přípojnícový systém 3000A. Přípojnice budou vyvedeny z hlavního rozváděče a pod stropem povedou přes stěnu do prostoru výrobní haly DV1. Z hlavního rozváděče RH bude napájena levá část výrobní haly a z RH2 bude napájena pravá část výrobní haly. Z páteřního přípojnícového rozvodu 3000A budou napájeny podružné přípojnícové 630A trasy. Podružné trasy budou připojeny z páteřní trasy kabelovým vedením přes přívodní skříň. Z podružných tras budou napájeny přes vývodové skříň kabelovým vedením příslušné technologická zařízení. Pro velkou flexibilitu modulu bude použit přípojnícový systém SIVACON 8PS typ LDA6613 pro páteřní rozvod a pro podružný rozvod SIVACON 8PS typ BD2 630A.



Obr. 36 Systém použití přípojníc Sivacon 8PS

V kapitolách 3.3.1 až 3.3.4 byla použita literatura [3], [7], [8], [11].

4 Vícekriteriární zhodnocení navržených variant rekonstrukce.

Varianta A rekonstrukce řeší návrh rekonstrukce transformovny TR 6, kde budou vyměněny stávající čtyři olejové transformátory za nové a také vnitřní část rozvodny bude zcela zmodernizována.

Mezi transformovnou a výrobní halou budou nataženy nové kabely CYKY. Rekonstrukce se bude týkat i halových rozváděčů a přípojnícového systému, který se nahradí za pětivodičový místo původního čtyřvodičového.

Varianta B rekonstrukce řeší nový návrh transformovny spolu s rozvodnou nn. Snaha bude umístit transformátory co nejbližší k místu spotřeby elektrické energie a dosáhnout tak co nejmenších ztrát na elektrickém vedení. Nová transformovna bude vybavena dvojmo suchými transformátory s litou izolací a hlavními rozváděči RH1 a RH2. Od těchto hlavních rozváděčů budou napájeny rozváděče různých technologických celků a hlavní páteřní přípojnícový systém. Z tohoto hlavního páteřnicového systému budou pak napájeny podružné přípojnícové trasy, tyto trasy budou také pětivodičové.

Tyto dvě varianty částečné rekonstrukce byly zkontrolovány s provozovatelem rozvodů elektrické energie a s investorem provozního závodu MORA Aerospace a bylo rozhodnuto pro variantu B částečné rekonstrukce a to z těchto důvodů:

1. Provozovatel chce nahradit zastaralý a málo bezpečný rozvod elektrické energie v podniku.
2. Provozovatel chce minimalizovat ztráty na elektrickém vedení, tím jsme dosáhli, že jsme umístily transformátory co nejbližší k největšímu odběru.
3. Provozovatel chce účelně miniaturizovat celé zařízení, aby bylo možno využito místa, kde například stály halové rozváděče pro přípojnícový systém.
4. Investor získá díky přemístění rozvodny budovu transformovny TR6, kterou bude moci využít k jiným účelům.
5. Tím že se nahradí veškeré stávající zařízení za nové, zvýší se provozní spolehlivost, prodlouží se doba bezrevizního chodu.
6. Umožní se velké flexibility připojení různých technologických zařízení díky přípojnícovému systému SIVACON 8PS, který lze snadno přizpůsobit změnám ve výrobě.
7. Provozovatel bude moci díky novému přípojnícovému systému připojovat a odpojovat zařízení z přípojnícového podružného systému bez jeho vypínání, což u starého přípojnícového systému nešlo. Tím minimálně omezíme výrobu.

5 Zjednodušená projektová dokumentace pro rekonstrukci.

5.1 TECHNICKÁ ZPRÁVA

SEZNAM PŘÍLOH:

- 01 TECHNICKÁ ZPRÁVA
- 02 PROTOKOL O URČENÍ VNĚJŠÍCH VLIVŮ č.1/2011
- 03 SOUPIS MATERIÁLU
- 04 SCHÉMA PŘÍPOJNICOVÉHO ROZVODU
- 05 PŮDORYS ROZVODNY NN
- 06 ROZVÁDĚČ RH1
- 07 ROZVÁDĚČ RH2

1. TECHNICKÁ ZPRÁVA

Název akce : **Rekonstrukce rozvodného zařízení**

Investor : **Honeywell Aerospace Olomouc, spol. s r.o.**
Nádražní 50, 783 66 Hlubočky-Mariánské Údolí

Místo stavby : **Hlubočky–Mariánské Údolí**

Kraj : **Olomoucký**

Obsah:**Základní údaje projektovaného zařízení**

Rozsah projektu

Projektové podklady

Předpisy a normy

Rozvodné soustavy a způsob napájení

Základní technické údaje

Přípojnícový systém

Popis zařízení

Požadavky provozovatele

Popis rozvodny nn

Popis kompenzačního zařízení

Popis přípojnícového rozvodu

Uvedení do provozu

Společná ustanovení**Základní údaje projektovaného zařízení****Rozsah projektu:**

Prováděcí projektová dokumentace řeší návrh rozvodny nn a přípojnícového rozvodu ve výrobní hale DV1 závodu MORA Aerospace.

Projektové podklady:

- požadavky investora
- požadavky provozovatele
- konzultace s výrobcem rozváděčů
- konzultace s výrobcem navrženého přípojnícového systému
- výkres s požadavky na dispoziční členění haly
- stavební výkresy objektu výrobní haly.
- předpisy a normy platné v době zpracování dokumentace

Předpisy a normy:

Projektová dokumentace je zpracována v souladu s předpisy a normami ČSN platnými v době vypracování dokumentace. Hlavní použité normy:

- | | |
|------------------|---|
| ČSN 33 0420 | Elektrotechnické předpisy, koordinace izolace elektrických zařízení nízkého napětí. Vzdušné vzdálenosti a povrchové cesty |
| ČSN 33 2000-3 | Elektrotechnické předpisy, elektrická zařízení, část 3: Stanovení základních charakteristik |
| ČSN 33 2000-4-41 | Elektrotechnické předpisy, elektrická zařízení, část 4: |

	Bezpečnost, Kapitola 41: Ochrana před úrazem elektrickým proudem
ČSN 33 2000-5-51	Elektrotechnické předpisy, elektrická zařízení, část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení, Kapitola 51: Všeobecné požadavky
ČSN 33 2000-5-52	Elektrotechnické předpisy, elektrická zařízení, část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení, Kapitola 52: Výběr soustav a stavba vedení
ČSN 33 2000-5-54	Elektrotechnické předpisy, elektrická zařízení, část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení, Kapitola 54: Uzemnění a ochranné vodiče
ČSN 33 3210	Rozvodná zařízení
ČSN 34 1610	Elektrický silnoproudý rozvod v průmyslových provozovnách
ČSN 38 1754	Dimenzování elektrického zařízení podle účinků zkratových proudů

Rozvodné soustavy a způsob napájení

Základní technické údaje:

Napěťová soustava nn : 3 PEN, TN-C-S, 230/400 V, AC, 50 Hz

Sled fází nn : L1- L2-L3 (pravotočivé pole)

Ochrana před úrazem elektrickým proudem dle ČSN 33 2000-4-41:

základní - automatickým odpojením od zdroje

doplňková - pospojováním

Pospojování se týká všech ocelových nosných konstrukcí, kabelových žlabů a přípojnícového systém. Jako vodičů pospojování bude použito zároveň zinkovaného drátu Fen \varnothing 8 mm, zároveň zinkovaným páskem FeZn 20 x 3 mm a měděnými vodiči se žlutozelenou izolací. Ocelové konstrukce, u kterých lze zajistit potřebnou délku svárů a hloubku provaření, u nichž se předpokládá, že nebudou demontovány, lze využít jako náhodný ochranný vodič. Takové části konstrukce se označí zelenou barvou a v místě připojení se označí stejně dlouhými barevnými pruhy v barvách žlutá - zelená - žlutá.

Ochrana proti přepětí:

Hlavní rozváděč bude osazen 1. stupněm přepětové ochrany - např. svodiče bleskových proudů třídy „B“ firmy DEHN s celkovým svedeným proudem až 50kA. Zbytkové přepětí za svodiči nepřekročí 2,5kV.

Zkratové poměry byly zkontrolovány v programu Sichr 11.00. Jistící a spínací prvky v rozváděčích jsou navrženy s odpovídající zkratovou odolností.

Stupeň dodávky dle ČSN 341610 : 3

: 1 (datové rozváděče)

Instalovaný výkon	: $P_i = 12\,000\text{ kW}$
Soudobost	: $\beta = 0,33$
Soudobý výkon	: $P_p = 4\,000\text{ kW}$
Měření odběru el. energie	: stávající na vn straně v vstupní stanici
Kompenzace jalového výkonu	: centrální v rozvodně

Přípojniový systém :

Typ přípojniového systému	: páteřní rozvod - $I = 3000\text{ A}$ podružné trasy – $I = 630\text{ A}$
Podružné trasy budou při jištění 630A připojeny na páteřní rozvod vodiči	
3x 2x 1-YY 185 + 2x 1-YY 185 přes vývodové resp. přívodní skříně.	
Počet vodičů	: 5 vodičů, L1-L2-L3-N+PE
Materiál přípojniov	: hliníkové profily (poniklované a pocínované)
Pouzdro přípojniov	: žárově zinkovaný a práškově lakovaný plech
Krytí přípojniového systému	: IP52
Uložení přípojniov	: páteřní rozvod podružné trasy – horizontální, PE+N dole
Spojování dílů přípojniov	: pomocí svorníkového bloku dodávaného s přímými díly zapouzďřených přípojniov
Vyrovnaní dilatace	: pružný díl zabudovaný v každém svorníkovém bloku

Popis zařízení**Požadavky provozovatele :**

Na základě požadavků provozovatele výrobní haly, je v hale navržena nová rozvodna nn spolu se zapouzďřeným přípojniovým systémem. V hale jsou navrženy dva totožné systémy přípojniového rozvodu, každý napájen z vlastního transformátoru. Zdrojem pro tuto napájecí soustavu bude transformátor T1 - 2000kVA a T2 - 2000kVA, s výstupním sdruženým napětím 400V a frekvencí 50Hz.

Popis rozvodny nn

V hlavní rozvodně budou umístěny dva suché transformátory s převodem 22/0,4kV, T1 - 2000kVA a T2 - 2000kVA, s výstupním sdruženým napětím 400V a frekvencí 50Hz. Transformátory budou napájeny ze vstupní transformovny VS 22kV kabelem 3x AXEKVCEY. Transformátory budou umístěny v oceloplechových skříních a budou vybaveny nuceným chlazením pomocí ventilátorů. V rozvodně budou osazeny velkoprostorové skříňové rozváděče. Rozváděče budou osazeny mimo požárně únikovou cestu. Transformátor T1 a T2 bude mít vlastní hlavní rozváděč HR1, HR2. Pro chlazení rozvodny bude využito dvou klimatizačních jednotek, které budou umístěny na stropě místnosti. Součástí rozvodny je i rozváděč pro nouzové osvětlení a rozváděč pro osvětlení rozvodny, ten není součástí projektové dokumentace.

Popis hlavních rozváděčů

Přívod od sekundárního vinutí do hlavního rozváděče bude řešen pomocí holých měděných vodičů. Každý rozváděč bude mít jednotlivá pole, které budou navzájem propojeny měděnými holými vodiči. Hlavní jistič bude vzduchový 3 pólový IZMN32B3-A32F 3200A se spouští pro ochranu obvodů s vypínací schopností Icu: 65kA (440V 50/60Hz) od firmy Moeller. Pro jištění přípojnicového systému bude použit vzduchový jistič 3 pólový IZMN32B3-A32F 3200A. Hlavní rozváděč bude vybaven jistíci prvky k jednotlivým technologickým celkům, spolu centrální kompenzací, kontrolním měřením, ochranou před přepětím, ovládáním pro vypínání vypínače vn. Vypnutí celého napájecího úseku bude možno tlačítkem STOP. Toto tlačítko je umístěno na hlavním jistícím vzduchovém jističi rozváděčů HR1 a HR2.

Popis kompenzačního zařízení

Kompenzační zařízení se skládá z regulátoru účinníku JANITZA typ PROPFI 12R, slouží k automatickému připojování nebo odpojování kompenzačních kondenzátorů, měřícího transformátoru proudu s převodem 3000/5A. Kompenzační kondenzátory jsou spínány pomocí stykačů KM. Stykače jsou doplněny o speciální blok na čelní straně, který zajišťuje sériové vložení tlumících rezistorů do spínaného obvodu pro omezení špičkového proudu při nabíjení kondenzátoru. Toto spojení dále zajistí přednabití kondenzátoru za účelem zamezení druhé proudové špičky při sepnutí hlavních stykačů.

Stanovení potřebného kompenzačního výkonu $Q_c = P \times k$

Soudobý činný výkon $P=4000\text{kW}$

Výchozí účinník $\cos \varphi_1=0,90$

Požadovaný účinník $\cos \varphi_2=0,95$

Odečteno: $k = 0,16$

Potřebný kapacitní výkon: $Q_c = P \times k = 4000 \times 0,16 = 640\text{kvar}$

Kapacitní výkon $Q_c = 640\text{kvar}$

Popis přípojnicového rozvodu:

V hlavní rozvodně haly DV1 bude páteřní přípojnicový systém 3000A připojen přímo z hlavních rozváděčů nn RH1 res. RH2. Hlavní jistič pro přípojnicový systém bude vzduchový jistič 3 pólový IZMN32B3-A32F 3200A se spouští pro ochranu obvodů s vypínací schopností Icu: 65kA (440V 50/60Hz) od firmy Moeller. Přípojnice budou vedeny pod stropem rozvodny přes stěnu nad dveřmi do prostoru haly. Bezprostředně za stěnou rozvodny přípojnice vystoupají pod vazníky haly. Páteřní trasa bude zavěšena na příslušných profilech. Podružné trasy 630A jsou vedeny v každém modulu haly souběžně s vazníky střechy, ve výšce stanovené investorem. Podružné trasy jsou připojeny z páteřní trasy kabelovým vedením přes vývodové resp. přívodní skříně.

Z podružných tras budou přes příslušné vývodové skříně připojována kabelovým vedením příslušná technologická zařízení. Vývodové skříně a následující kabelová vedení vč. jejich nosných konstrukcí nejsou součástí tohoto projektu. Vakuové pece o příkonu cca 250kW jsou vyčleněny ze seznamu strojů, které budou napájeny z přípojnicového rozvodu. Vakuové pece budou připojeny přímo z hlavního rozváděče (připojení není předmětem tohoto projektu).

Z důvodů docílení potřebné tuhosti přípojnicového rozvodu se uvažuje s jejich pevným ukotvením do nosných sloupů haly. Mezi sloupy budou přípojnice zavěšeny. Nosnou konstrukcí přípojnicového rozvodu budou závěsy upevněné k vazníkům konstrukce střechy.

Uvedení do provozu:

Před uvedením do provozu musí být zařízení překontrolováno. Musí být zajištěný souhlasný stav výkresové dokumentace se skutečným provedením. Na zařízení musí být provedena výchozí revize podle ČSN 33 1500, ČSN 33 2000-6-61 a norem souvisejících. Musí být vypracován provozní a manipulační řád, odsouhlasený provozovatelem. Předpokladem pro řádný a trvalý provoz elektrického zařízení je správná obsluha strojů a přístrojů. Manipulovat s přístroji smí jen osoby s odbornou kvalifikací znalé provozních a bezpečnostních předpisů. Osoby pověřené obsluhou zařízení musí být se všemi příslušnými předpisy a normami protokolárně seznámeny. Zároveň musí tyto osoby prokázat základní odborné znalosti prověrkou dle ustanovení vyhlášky číslo 50/1978 Sb. o odborné způsobilosti osob v elektrotechnice. Musí být prokazatelně obeznámeny s obsluhou zařízení a nebezpečím, které může vzniknout osobám a elektrickému zařízení. Rovněž musí být řádně poučeny o dovozených manipulacích na zařízení. Vzhledem k tomu, že nebude proveden zkušební provoz, je vhodné, aby se pověřený personál seznámil se zařízením již před dokončením montážních prací.

Společná ustanovení:

Osoby obsluhující elektrická zařízení musí mít kvalifikaci "pracovník poučený nebo znalý" nebo kvalifikaci vyšší. Při obsluze, údržbě, opravách a jiných pracích na elektrickém zařízení musí být dodrženy pracovní, provozní a bezpečnostní předpisy pro práci a obsluhu na elektrickém zařízení.

Při montážních pracích musí být dodrženy příslušné závazné normy platné v době výstavby. Veškeré manipulace – vypínání sítě je nutno provádět po dohodě s dispečinkem společnosti SME distribuce, oblastního střediska Přerov. Pro práci za provozu na zařízení vn pod napětím nebo v jeho blízkosti musí být respektována ustanovení ČSN EN 50110 a OEG 38 3011.

Dodavatel montážních prací je povinen dodržet ustanovení ČSN 33 1500, ČSN 33 2200-6-61 a norem souvisejících o provedení a předání výchozí revizní zprávy realizované elektroinstalace, po dokončení a při předání prací objednavateli.

Provozovatel je oprávněn vypracovat na základě této technické zprávy, výchozí revize, montážních návodů a pokynů výrobců či dodavatelů zařízení, jakož i zkušeností ze zkušebního provozu, či výsledků komplexních zkoušek, závazný provozní řád s veškerými náležitostmi, jako je činnost obsluhy (při normálním provozu, poruše, havárii, živelné pohromě, požáru, výpadku el.energie a pod.), funkční nadřazenosti a podřízenosti, opatření k zajištění bezpečnosti práce a ochraně zdraví při práci, používání, uložení a kontrola ochranných pracovních pomůcek, opatření k ostraze majetku, uvedení telefonního spojení rozvodných závodů, policie, vodáren a zdravotnického střediska.

S tímto provozním řádem je nutno obsluhu prokazatelně seznámit, znalost provozního řádu periodicky kontrolovat a prověřovat. Provozovatel nesmí připustit jiné (nevhodné) využití zařízení pro účely, k nimž není určeno a může znamenat vyšší než běžné opotřebení nebo i poškození.

Při periodické prověrce odborných znalostí osob v elektrotechnice se provozovatel řídí ustanoveními vyhlášky číslo 50/1978 Sb. o odborné způsobilosti osob v elektrotechnice.

Tato společná ustanovení jsou samostatnou a ve spojení s předchozími technickými ustanoveními, pak nedílnou součástí úplné technické zprávy projektové dokumentace elektrotechnického vybavení.

2. PROTOKOL O URČENÍ VNĚJŠÍCH VLIVŮ č.1/2011

Protokol č. 1/2011

O určení vnějších vlivů vypracovaný odbornou komisí

Datum sepsání protokolu: 6. 4. 2011

Složení komise:

Předseda komise: Ing. Josef Pešák, elektroprojektant

Členové komise: Petr Přehnal

Název: Rekonstrukce výrobní haly DV1

Investor: Honeywell Aerospace Olomouc, spol. s r.o.
Nádražní 50, 783 66 Hlubočky-Mariánské Údolí

Místo stavby: Nádražní 50, 783 66 Hlubočky-Mariánské Údolí

Podklady pro protokol:

ČSN 33 2000-3 – Elektrotechnické předpisy elektrická zařízení

ČSN 33 2000-5-51 - Elektrotechnické předpisy - Elektrická zařízení

ČSN EN 60529 – Stupně ochrany krytem (krytí IP kód)

Popis objektu: Průmyslová výrobní hala s technologickým zařízením. Jedná se přízemní halu, nosnou částí střechy jsou ocelové nosníky, stěny jsou vyzděné z pálených cihel. Vnitřní prostory vytápěné. Osoby poučené.

Rozhodnutí a zdůvodnění:

Druhy prostředí jsou určeny podle působení vnějších vlivů a na podkladě jejich určení jsou prostory posouzeny z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem.

Přehled vnějších vlivů:

Dle ČSN 33 2000-3 článek 321

AA5	Teplota okolí +5 °C až + 40 °C
AB5	Prostory chráněné před atmosférickými vlivy, s regulací teploty
AC1	Nadmořská výška do 2000m
AD1	Výskyt vody je zanedbatelný
AE4	Lehká prašnost
AF1	Výskyt korozivních nebo znečišťujících látek (zanedbatelný)
AG1	Mechanické namáhání (ráz), mírný
AH1	Vibrace - mírné

AK1	Výskyt rostlinstva nebo plísní - bez nebezpečí
AL1	Výskyt živočichů – bez nebezpečí
AM1	Elektromagnetická, elektrostatická a ionizační působení - zanedbatelné
AN1	Sluneční záření - nízká
AP1	Seizmické účinky - nízké
AQ1	Bouřková činnost - zanedbatelná (≤ 25 dní)
AR1	Pohyb vzduchu - pomalý
AS1	Vítr - malý

Dle ČSN 33 2000-3 článek 322

BA4	Schopnost osob – poučené osoby
BC3	Dotyk s potenciálem země - osoby v nevodivém okolí
BD3	Podmínky úniku v případě nebezpečí – Velká hustota snadný unik
BE2	Povaha zpracovávaných nebo skladovaných látek - Nebezpečí požáru (skladování hořlavín)

Dle ČSN 33 2000-3 článek 323

CA1	Stavební materiály - nehořlavé
CB1	Konstrukce budov – Zanedbatelné šíření

ČSN 33 2000-3 (tab. 32 MN1)- Prostory normální

Minimální krytí IP dle ČSN 33 2000-5-51

V Hlubočkách dne 6. 4. 2011

.....
Předseda komise

.....
Členové komise

3. Soupis materiálu

- Seznam použitých vodičů:

Použité kabely CYKY							
Vedení pro napájení:	Počet a průřez žil	Činný odpor	Ekvivalentní zkrat. proud	Zatížitelnost na vzduchu	Zatížitelnost v zemi	Počet kabelu pro 1 odvod z jističe	Počet kabelů
	(mm ²)	(Ω/km)	(kA)	(A)	(A)	(ks)	(ks)
RN	4Jx10	1,830	1,150	60	81	1	1
RM 1	3Jx95+50	0,193	10,900	246	280	1	1
RM 2	3Jx95+50	0,193	10,900	246	280	1	1
RM 3	3Jx95+50	0,193	10,900	246	280	1	1
RM 4	3Jx95+50	0,193	10,900	246	280	1	1
RM 5	3Jx95+50	0,193	10,900	246	280	1	1
RM 6	3Jx150+70	0,125	17,300	326	359	2	2
RM 7	3Jx150+70	0,125	17,300	326	359	2	2
RM 8	3Jx150+70	0,125	17,300	326	359	2	2
RM 9	3Jx150+70	0,125	17,300	326	359	2	2
RM 10	3Jx150+70	0,125	17,300	326	359	2	2
RM 11	3Jx150+70	0,125	17,300	326	359	2	2
RO 1	3Jx95+50	0,193	10,900	246	280	1	1
RO 2	3Jx95+50	0,193	10,900	246	280	1	1

- Napájecí zdroj

- | | |
|--|---------|
| 1. Transformátor suchý zaléváný v pryskyřici MPTCR 22/0,4kV,
Výkon 2000kVA, výrobce MPT | ks
2 |
| 2. Oceloplechová skříň pro transformátor, krytím IP 31,
s chlazením pomocí ventilátoru | 2 |

- Seznam použitých přístrojů v hlavních rozváděcích

- | | |
|---|---------|
| 1. Vzduchový jistič IZM32B3-A32F, Moeller | ks
4 |
| 2. Výkonový jistič NZMN3-AE630, Moeller | 6 |
| 3. Výkonový jistič NZMN-A200, Moeller | 17 |
| 4. Výkonový jistič NG125L/B 40A, Schneider Electric | 5 |
| 5. Výkonový jistič NG125L/B 63A, Schneider Electric | 12 |
| 6. Výkonový jistič NG125L/B 83A, Schneider Electric | 4 |
| 7. Pojistkový odpínač STI 10/1, Merlin Gerin | 14 |
| 8. Pojistkový odpínač STI 10/3, Merlin Gerin | 2 |
| 9. Pojistkový odpínač STI 14/3, Merlin Gerin | 2 |
| 10. Pojistkový odpínač ISFT 160, Merlin Gerin | 2 |
| 11. Jednopolový jistič C66H 4C/1, Merlin Gerin | 2 |
| 12. Výkonový jistič LZM 4, Moeller | 2 |

13. Pojistkový odpínač FH1, O EZ	8
14. Pojistkový odpínač FH000, O EZ	4
15. Stykač UA 95-30-00RA, ABB	16
16. Stykač UA 30-30-10RA, ABB 4	2
17. Kondenzátory UHPC-24.2-440-3P, KBR	64
18. Regulátor účinníku Janitza typ Prophi	2
19. Měřicí transformátory proudu ASK127.6	8
20. Měřicí modul PM810 RDMG	2
21. Ochrana proti přepětí DBM1255S, DEHN	2
22. Typově zkoušené rozváděčové skříně	14

• **Použitý přípojnicový systém:**

Přípojnicový systém SIVACON 8PS (typ LDA6613, In=3000A)

ks

Trasa: Hlavní páteř (2x) 3000A/ větev 400V cca 81m/ + odbočné skříně

1. LDC6610-FA3A Připojovací díl k rozváděči SIVACON	2
2. LDA6613-VEU-LV Připojení k rozv.SIVACON, koleno přední	2
3. LDA6613-ZR-Z* Tvar Z pravý	2
4. LDA6613-3,2 Přímý díl bez odbočných míst, pevná délka 3.2 m	2
5. LDA6613-4W* Přímý díl bez odb.míst, volitelná délka	2
6. LD-DF2B Ochranný kryt	2
7. LDA6613-LH Koleno zadní	2
8. LDA7613-4W* Přímý díl bez odb.míst, volitelná délka	2
9. LDA7613-LV Koleno přední	2
10. LDA6613-3,2 Přímý díl bez odbočných míst, pevná délka 3.2 m	30
11. LDA6613-D Dilatační díl	6
12. LDA6613-K-3,2-2AD Přímý díl 3.2 m, 2 odb.místa nahoře	12
13. LD-3EF4-B Koncová příruba, šroub	2
14. LD-K-2AK5/3ST630 Odbočná skříň s poj.vypínačem 630A	10

Podružné trasy (10x) - 630A/690V/50Hz cca 75m

1. BD2A-1000-ME Napájecí skříňka středová	10
2. BD2A-2-630-SB-3 Přímý díl s odbočnými místy 0,5m, pevná délka 3.25 m	230
3. BD2-1250-FE Koncová příruba 1250 A	10

Další elektroinstalační materiál bude doplněn v případě realizace tohoto projektu.

6 Závěr

V mé diplomové práci jsem se zabýval návrhem rekonstrukce průmyslového objektu společnosti MORA Aerospace Olomouc, který se nachází v Hlubočkách u Olomouce. Současný stav silnoproudého rozvodu už je zastaralý a i málo bezpečný, což je už na něm znát. Na elektrickém zařízení dochází často k poruchám, a to vyžaduje častější zásahy pracovníků údržby elektro. Tyto výpadky mají také vliv na výrobu. Při poruše na elektrickém zařízení může dojít ke zpoždění jednotlivých operací výroby, ale také i k zničení obráběných výrobků, což má za následek finanční ztráty ve výrobním procesu. Mým úkolem tedy bylo najít vhodné řešení jak tento rozvod elektrické energie zmodernizovat a minimalizovat ztráty. V první kapitole se zabývám popisem stávajícího rozvodu elektrické energie. Popisuji přívodní napájení spolu se vstupní transformovnou, dále transformovnu TR6, která napájí výrobní halu DV1 a také rozváděče na výrobní hale a jejich vybavení. V další kapitole jsem se zabýval teoretickými zásadami pro projektování v průmyslových objektech a jeho modernizací. V třetí kapitole jsem řešil návrh částečné rekonstrukce. Po konzultaci s provozovatelem elektrických rozvodů závodu MORA Aerospace Olomouc, jsme určili místo pro rekonstrukci elektrického zařízení, které to nejvíce vyžaduje. Jedná se o napájecí transformovnu TR6 a výrobní halu DV1. Navrhl jsem dvě varianty částečné rekonstrukce. Varianta A se zabývá rekonstrukcí stávající transformovny TR6 a rekonstrukcí halových rozváděčů, které napájí jednotlivé technologické celky. Navrhl jsem i nový přípojnícový 5 vodičový systém SIVACON 8PS, který nahradí stávající zastaralý čtyř vodičový.

Ve variantě B jsem navrhl novou transformovnu s rozvodnou, kterou jsem umístil do prostoru výrobní haly DV1. Pro tuto transformovnu s rozvodnou bude využita jedna místnost. Jako napájecí zdroje pro tuto transformovnu jsem použil dvou suchých distribučních transformátorů každý o výkonu 2 MVA. Transformátory budou napájet hlavní rozváděče, ze kterých pak bude napájen přípojnícový systém SIVACON 8PS a halové rozváděče, které napájí jednotlivé technologické celky.

Ve čtvrté kapitole jsem zhodnotil navržené varianty rekonstrukce a konzultoval je s provozovatelem a investorem MORA Aerospace Olomouc. Vybrána byla varianta B.

V poslední kapitole jsem pro tuto variantu vypracoval zjednodušenou projektovou dokumentaci, která obsahuje technickou zprávu, schéma přípojnícového rozvodu, půdorys rozvodny nn a výkresy hlavních rozváděčů.

Seznam literatury

[1] HRADÍLEK, Zdeněk. *Elektroenergetika distribučních a průmyslových sítí*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2008. 210 s. ISBN 978-80-248-1696-8.

Internetové odkazy

[2] OEZ : *Pojistkové systémy Varius* [online]. 2011. 2011 [cit. 2011-05-03]. Dostupné z WWW: <<http://www.oez.cz/produkty/radove-pojistkove-odpinace>>.

[3] Eaton Elektrotechnika s.r.o. : *Xenergy* [online]. 2010 [cit. 2011-05-03]. Dostupné z WWW: <<http://www.eatonelektrotechnika.cz/reseni-prumyslove-aplikace>>.

[4] Schneider Electric Česká Republika : *Modulární přístroje Multi9* [online]. 04.2002 [cit. 2011-05-03]. Dostupné z WWW: <http://www.schneider-electric.cz/czech-republic/cz/produkty-sluzby/distribuce-elektřiny/produkty-nabidka/rada-prezentace.page?p_function_id=108&p_family_id=5202&p_range_id=891#>.

[5] Navaris.cz : *Sortiment, prvky nn kompenzace* [online]. 2007 [cit. 2011-05-03]. Dostupné z WWW: <<http://navaris.cz/>>.

[6] DEHN : *přepěťové ochrany* [online]. 01.12.2008 [cit. 2011-05-03]. Dostupné z WWW: <http://www.dehn.cz/pdf/katalog/kat09/page7_21.pdf>.

[7] Siemens - divize Industry Automation & Drive Technologies : *Rozvod energie* [online]. 2011 [cit. 2011-05-03]. Dostupné z WWW: <<http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=ff1ddfdc54&ctxp=home>>.

[8] MW-ENERGO. *MAXX POWER TRAFÓ : Olejové Transformátory, Suché transformátory* [online]. 2009 [cit. 2011-05-03]. Dostupné z WWW: <<http://www.mp-trafo.cz/>>.

[9] Emcos s.r.o. : *Projekty* [online]. 2011 [cit. 2011-05-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.emcos.cz/projekt.htm>>.

[10] Nkt cables : *Výrobky* [online]. 2009 [cit. 2011-05-03]. Dostupné z WWW: <http://www.nktcables.cz/Product%20range%20nkt%20cables/LV/~/~/~link.aspx?_id=9C887F86901F40A5B473082E150BF9E5&_z=z>.

[11] Kovopol Industry : *Produkty* [online]. 2009 [cit. 2011-05-03]. Dostupné z WWW: <<http://www.kovopol-industry.cz/cs/produkty/zakazkova-vyroba>>.

7 Přílohy

SEZNAM PŘÍLOH:

04 SCHÉMA PŘÍPOJNICOVÉHO ROZVODU

05 PŮDORYS ROZVODNY NN

06 ROZVÁDĚČ RH1

07 ROZVÁDĚČ RH2